

工學博士 學位論文

컨테이너터미널의 효율성 분석

An Analysis on the Efficiency of Container Terminals

指導教授 郭 圭 錫

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

金 云 洙

本 論 文 을 金 云 洙 의 工 學 博 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

主 審 工 學 博 士 南 奇 燦 印

委 員 工 學 博 士 辛 宰 榮 印

委 員 工 學 博 士 文 成 赫 印

委 員 經 營 學 博 士 金 在 棒 印

委 員 工 學 博 士 郭 圭 錫 印

2003年 12月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

金 云 洙

차 례

Abstract

제 1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구방법 및 구성	2

제 2장 컨테이너터미널의 환경분석

2.1 컨테이너물동량 증가	6
2.2 선박 대형화와 중심항 경쟁	9
2.3 항만운영의 글로벌화	11
2.4 항만운영체제 개편	15
2.5 컨테이너터미널 시설현황	16

제 3장 효율성의 이론적 고찰

3.1 효율성의 개념	19
3.2 효율성의 종류	20
1) 기술적 효율성(Technical Efficiency)	20
2) 배분적 효율성(Allocative Efficiency)	21
3.3 효율성 측정방법	23
1) 비용편익분석과 비용효과 분석	23
2) 회귀분석(Regression Analysis)	25
3) 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)	26
4) 확률프론티어모형(Stochastic Frontier Model)	28
3.4 확률프론티어모형을 이용한 기존연구 고찰	31
1) 확률프론티어모형 측정의 기존연구	31
2) 확률프론티어모형의 국내연구	32
3) 항만효율성 측정에 대한 기존연구	33

제 4장 분석모형 설계

4.1 변수선정	37
4.2 분석대상 터미널 선정 및 자료수집	41
1) 분석대상 터미널 선정	41
2) 분석자료 수집	44
4.3 실증분석 모형 설계	46

제 5장 실증 분석

5.1 패널분석	53
5.2 확률프론티어 생산함수 추정	54
5.3 실증분석 결과	58
1) 효율성 평가	58
2) 효율성 결정요인 분석	69
3) 시나리오 분석	71
5.4 효율성 평가 종합	80
1) 효율성 평가 종합	80
2) 효율성에 대한 투입변수 수준	82
3) 국내 터미널 및 해외 터미널 수준 비교	85
5.5 시사점 도출	90

제 6장 결론 및 향후 연구방향

6.1 결론	92
6.2 연구의 한계 및 향후연구방향	94
참고문헌	95

표 차 례

<표 2-1> 아시아 및 세계 컨테이너 물동량 실적	6
<표 2-2> 세계 주요항만 실적	7
<표 2-3> 지역별 컨테이너 수요 전망	8
<표 2-4> 선박대형화 추세	11
<표 2-5> 글로벌 운영업체의 투자전략 방법	12
<표 2-6> 글로벌 터미널 운영업체의 물동량 및 시장점유율	13
<표 2-7> 해외 운영사의 국내 진출 사례	14
<표 2-8> 우리나라 컨테이너 전용부두 시설현황	17
<표 2-9> 해외 컨테이너터미널 시설현황(2002년)	18
<표 3-1> 효율성 측정방법의 장단점 분석	30
<표 4-1> 항만 효율성 분석의 기존연구 요약	38
<표 4-2> 부산항 실적 사례	42
<표 4-3> 홍콩항 실적 사례	42
<표 4-4> 분석대상 컨테이너터미널	44
<표 4-5> 분석대상 터미널의 기본 통계량	45
<표 5-1> FEM과 REM의 검정 결과	54
<표 5-2> 확률프론티어 생산함수 추정결과	55
<표 5-3> 확률프론티어 생산함수 추정결과(Step-wise)	57
<표 5-4> 효율성 결과	59
<표 5-5> 효율성 결정요인 분석결과	71
<표 5-6> 시나리오 분석의 추정결과	72
<표 5-7> 시나리오 분석의 효율성 결과	74
<표 5-8> 효율성 평가 비교	81
<표 5-9> 실증분석의 효율성과 투입변수와의 관계	82
<표 5-10> 시나리오 분석의 효율성과 투입변수와의 관계	83
<표 5-11> 해외터미널 개발계획 대비 수준	84
<표 5-12> Gamman 선석점유율 현황	85
<표 5-13> 실증분석의 국내 vs. 해외 터미널 비교	86
<표 5-14> 시나리오 분석의 국내 vs. 해외 터미널 비교	87

그 립 차 례

<그림 1-1> 연구의 흐름도	4
<그림 2-1> 컨테이너터미널 환경변화	5
<그림 2-2> 중심항 요건	10
<그림 2-3> 항만대형화의 프로세스	10
<그림 2-4> 터미널 운영형태에 따른 물동량 변화	16
<그림 3-1> 경제성, 효율성, 효과성의 구분	19
<그림 3-2> 기술적 효율성 및 배분적 효율성	22
<그림 4-1> 투입변수 설정	40
<그림 5-1> 실증분석 흐름도	51
<그림 5-2> 실증분석의 연도별 평균효율성 변화	60
<그림 5-3> 효율성과 물동량의 관계 매트릭스	61
<그림 5-4> 효율성과 물동량과의 관계(1998)	61
<그림 5-5> 효율성 vs 물동량 분포(1998)	62
<그림 5-6> 효율성과 물동량과의 관계(1999)	63
<그림 5-7> 효율성 vs 물동량 분포(1999)	63
<그림 5-8> 효율성과 물동량과의 관계(2000)	64
<그림 5-9> 효율성 vs 물동량 분포(2000)	65
<그림 5-10> 효율성과 물동량과의 관계(2001)	66
<그림 5-11> 효율성과 물동량과의 관계(2002)	67
<그림 5-12> 효율성 vs 물동량 분포(2002)	67
<그림 5-13> 1999년 vs 2000년 효율성 변화	68
<그림 5-14> 시나리오 분석의 평균 효율성 변화	75
<그림 5-15> 시나리오 분석의 효율성과 물동량과의 관계(1999)	76
<그림 5-16> 시나리오 분석의 효율성 vs 물동량 분포(1999)	76
<그림 5-17> 시나리오 분석의 효율성 vs 물동량 분포(2000)	77
<그림 5-18> 시나리오 분석의 효율성과 물동량과의 관계(2002)	78
<그림 5-19> 시나리오 분석의 효율성 vs 물동량 분포(2002)	78
<그림 5-20> 시나리오 분석의 1999년 vs 2002년 효율성 변화	79

<그림 5-21> 국내 vs. 해외터미널 평균효율성 비교	86
<그림 5-22> 국내 터미널 안벽길이 수준 비교	88
<그림 5-23> 국내 터미널 TGS 수준 비교	88
<그림 5-24> 국내 터미널 G/C당 처리량 수준	89
<그림 5-25> 국내 터미널 T/C당 처리량 수준	89
<그림 5-26> 시사점 도출 모형도	90

An Analysis on the Efficiency of Container Terminals

Kim, Un Soo

**Department of Logistics Engineering,
Graduate School of Korea Maritime University**

Abstract

The increase of world trade volume caused by the phenomenon of regional integration and the development of containerization have been influencing the rapid growth of containerized cargoes.

This increase in the amount of volume plus the privatization policies in ports have motivated private enterprises to participate in the operation and development of container terminals.

Recently, global terminal operators are struggling to attract more cargoes into their ports through enlarging facilities and trying to be more efficient.

Many researches on container terminal efficiency have been conducted, but most of the traditional Studies are focused on the partial efficiency of the container terminal using quantitative questionnaires and basic statistical data.

In this paper, the Stochastic Frontier Model of the interaction among the variables was employed to execute numerical analysis on the efficiency of terminal.

The objective of this paper is to measure the level of efficiency in the container terminals every year and to assess the influence in container

terminal's efficiency on domestic and foreign by changing the terminal scales and the level of input factors.

First of all, 12 domestic terminals and 20 oversea terminals are selected for the analysis. The average level of efficiency of these terminals has increased yearly from 0.67 in 1998 to 0.812 in 2002. The efficiency and throughput in Shenzhen(YICT), Gioia Tauro, Shanghai(SCT), Qingdao (QHCC), HIT, MTL and Singapore terminal are higher than the others. Relatively inefficient terminals with a surplus in facilities and equipment were found at Eurogate, Tokyo, Colombo, MICT.

Secondly, this paper used the dummy variables for identifying the correlation between terminal scales and operation. Accordingly, the terminal scale has high correlation with its efficiency. However, it displayed that operation mode is not related to the terminal efficiency level because the statistical results are not significant.

Thirdly, the berth occupation and vessel-waiting ratios were calculated with relatively high figure in the most efficient terminals. Considering the level of service, human resources and optimum capacity, the optimum efficiency should be preferred to the highest efficiency.

Lastly, in case of the integrated berth like Gwangyang and Gamman terminal, the efficiency in the integrated terminal is higher than in the independent terminal. The Hub port that will aim to more efficiency and goods transported should have a large scale of berth.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

세계 경제블럭의 형성에 따른 무역량의 증가와 컨테이너화의 진전은 지난 20년 동안 컨테이너화물의 급속한 증가를 가져왔으며, 이러한 컨테이너화물의 증가세는 향후 지속될 것으로 전망되고 있다. 컨테이너 물동량의 지속적인 증가는 해상운송에서 해운선사 및 선박의 변화와 화물을 원활히 처리할 수 있는 항만시설의 확장, 정비 및 관리운영의 효율화 등 다양한 전략의 전환을 요구하고 있다. 특히 세계 최대의 컨테이너시장으로 부상하고 있는 아시아 지역에서 증가하는 컨테이너화물을 유치하기 위해 싱가포르, 중국, 대만 및 우리나라 항만들은 시설의 확장과 운영의 효율성을 추구하고 있다. 또한 항만운영형태가 정부중심운영에서 민간중심운영으로 급속하게 변화하면서 전문적인 글로벌 터미널운영업체들에 의한 항만개발 및 운영이 더욱 확대되고 있다.

이러한 일련의 환경변화들은 국제물류환경에서 주도권을 선점하기 위한 각 국가와 터미널운영업체간의 경쟁을 가중시키고 있다. 특히 중심항의 위상을 선점하기 위한 컨테이너터미널간의 경쟁이 더욱 심화되고 있으며, 이에 대한 대응방안으로 항만의 시설확장 및 화주에 대한 서비스 향상 등을 중점적으로 추진하고 있다.

최근 들어 경쟁하에 있는 대부분의 항만들은 기반시설뿐만 아니라 컨테이너 터미널 효율성을 컨테이너화물 유치의 필수요인으로 인식하게 되어 컨테이너 터미널의 시설확장 및 서비스만으로는 더 이상 중심항 선점을 위한 경쟁력을 확보할 수 없게 되었다. 선사들 또한 항만요율 및 서비스 수준 등의 요인 이외에도 기항지 선택의 중요요인으로 효율성의 향상을 요구하고 있다.

그러나 우리나라의 경우 이러한 시대적 환경변화에 반하는 여러 가지 현상들이 발생하고 있다. 화물운송 거부로 인한 배후수송의 마비와 태풍으로 인한

하역작업의 중단 등이 발생하여 터미널의 신뢰성뿐만 아니라 우리나라 항만 전체의 이미지에 상당한 타격이 가해지고 있다. 이러한 국내 환경은 부족한 항만시설에 따른 저효율을 증가시키면서, 급증하고 있는 화물 처리를 어렵게 만들고 있다. 결과적으로 대형선사들이 기항지를 변경하거나 타항만으로의 직기항 항로를 개설하는 등 선사의 이탈 움직임이 가시적으로 발생하고 있어 터미널 효율성의 중요성이 한층 더 주목을 받고 있다.

그러나 이러한 효율성의 중요성에도 불구하고, 지금까지 컨테이너터미널의 효율성을 계량적으로 분석한 국내연구는 거의 없는 실정이다. 또한, 기존연구에서는 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 파악하기보다는 단일 연도의 효율성을 평가하는 데 그치고 있어 연도별 효율성의 변화추세에 대한 구체적인 분석은 없었다.

따라서 본 논문에서는 연도별 국내외 컨테이너터미널의 효율성을 분석하고, 분석결과를 해외 대상터미널과 비교·평가하여 우리나라 컨테이너터미널의 효율성을 증진시킬 수 있는 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다.

이를 위하여 첫째, 본 연구에서 분석대상으로 선정된 컨테이너터미널에 대한 패널자료를 이용하여 연도별 효율성 변화추세와 그 변화원인을 규명한다. 둘째, 측정된 효율성에 대해서 매출규모, 물동량 수준 및 글로벌 터미널운영업체의 운영여부 등이 컨테이너터미널의 효율성에 어떠한 영향을 미치는가를 실증 분석한다. 셋째, 컨테이너터미널의 규모의 변화에 따른 효율성의 변화를 Gamman, Gwangyang 터미널의 사례를 통하여 우리나라 컨테이너터미널의 운영방안에 대한 시사점을 도출한다.

1.2 연구방법 및 구성

컨테이너터미널의 효율성은 점차 심화되는 경쟁에서 생존할 수 있는 하나의 전략이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 컨테이너터미널의 효율성에 영향을

미치는 근본적인 원인을 확률프론티어모형(Stochastic Frontier Model)을 이용하여 도출하고자 한다.

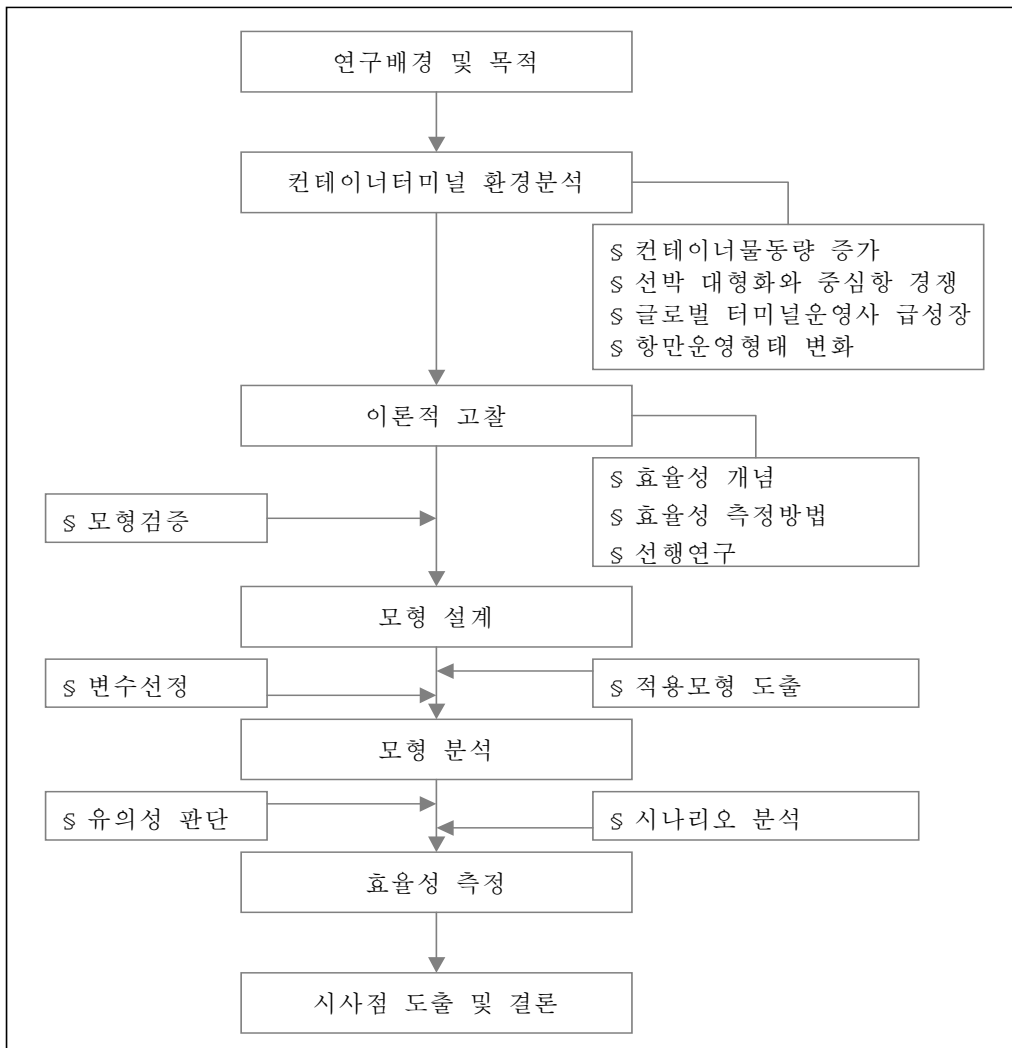
확률프론티어모형은 효율성 측정을 위해 적용한 투입과 산출의 양자관계를 함께 고려하며, 오차항을 확률적 오차와 비효율적 오차로 구분하여 보다 정교한 효율성 수준을 파악할 수 있는 분석방법이다. 또한 시계열적 요소를 포함하고 있는 패널자료를 사용함으로써 시간의 흐름에 따른 개별터미널의 효율성 분석을 할 수 있다는 장점이 있다.

본 연구의 분석대상으로는 우리나라 터미널은 자성대(HBCT), 신선대(PECT), 우암(UTC), 감천(Gamcheon), 감만(Gamman), 광양(Gwangyang) 등 12개 터미널을 대상으로 하였으며, 비교대상 해외터미널은 2002년 세계 컨테이너터미널 실적치를 기준으로 상위 20위권의 항만 중 지역별 중심항의 성격을 가지고 있는 20개 터미널을 선정하였다. 그리고 컨테이너터미널의 대형화 추세를 감안하여 32개 터미널 중 2002년에 100만TEU 이상을 처리한 20개 터미널과 하나의 터미널로 통합시킨 Gamman, Gwangyang 2개 터미널을 대상으로 시나리오 분석을 실시하였다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 제 2장에서는 물동량의 증가, 선박대형화에 따른 항만의 대형화, 글로벌 운영업체의 출현 및 터미널 관리·운영형태의 변화 등 현재 변화하고 있는 컨테이너터미널의 환경을 분석하였다. 제 3장에서는 실증분석에 앞서 효율성 분석과 관련된 개념을 종합적으로 정리하고, 컨테이너터미널의 효율성을 분석한 선행연구를 살펴보았다. 제 4장에서는 실증분석을 위해 기존연구를 토대로 변수를 선정하고, 시계열을 포함하고 있는 패널자료를 수집하였으며, 분석모형의 기본원리 및 적용방법에 대해서 살펴보았다. 제 5장에서는 설정된 모형을 바탕으로 확률분포 검증과 확률프론티어모형의 적용 가능성을 검토하고, 패널자료를 이용하여 개별 컨테이너터미널의 효율성을 분석하였다. 또한 컨테이너터미널의 효율성에 영향을 미치는 결정변수를 이용하여 개별 변수가 터미널의 효율성에 미치는 영향, 터미널의 규모 및 개별 투입요소에 따라 효율성의 변화정도를 검토하였다. 이러한 전반적인 결과

를 통하여 우리나라 터미널의 효율성을 개선할 수 있는 시사점을 제시하였다. 제 6장은 결론으로서 확률프론티어모형을 통한 연구결과를 요약하고, 본 연구의 한계 및 향후 연구과제를 제시하였다.

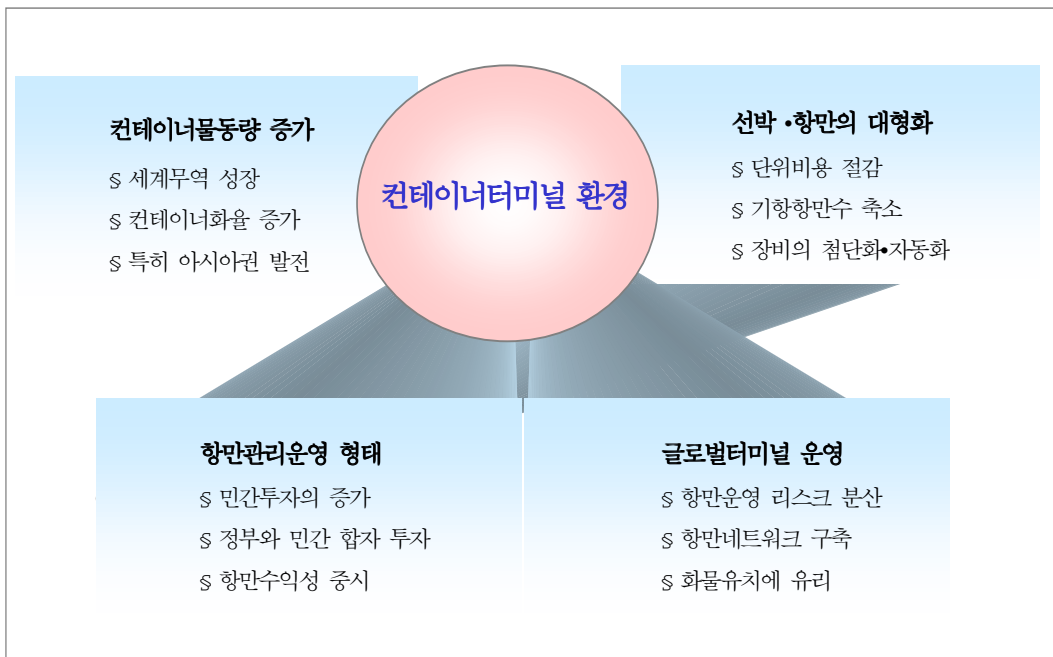
본 연구의 흐름도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구흐름도

2. 컨테이너터미널의 환경분석

최근의 컨테이너터미널 환경변화는 <그림 2-1>과 같이 컨테이너 물동량의 지속적인 증가, 선박·항만의 대형화, 항만운영의 민영화 및 글로벌 운영업체의 성장 등으로 나타나고 있다. 또한 컨테이너터미널의 기능도 단순 하역작업 기능에서 배후물류단지를 포함하는 물류중심기지로서 기능이 점차 확대되고 있다. 이와 같은 변화는 제4세대 항만에서 항만간 경쟁으로 인한 항만서비스와 항만운영의 효율성 측면을 더욱 강화시키고 있다(UNCTAD, 2001).



<그림 2-1> 컨테이너터미널 환경변화

2.1 컨테이너물동량 증가

지난 20여 년간 세계 컨테이너처리량은 GDP증가율 대비 3배 수준의 증가율을 기록하면서 1980년 3천8백만TEU에서 2002년 2억7천백만TEU로 연평균 9.2%의 증가율을 보였다. 특히 아시아권은 1980년 9백8십만TEU에서 2002년 1억3천2백만TEU를 처리하여 세계물동량 증가율보다 높은 연평균 12.6%의 증가율을 기록하였다.

특히 우리나라를 비롯하여 중국이 포함된 동북아시아의 컨테이너 물동량은 1980년 7백7십만TEU에서 2002년에는 8천5백만TEU로 연평균 11.6%가 증가하였으며, 아시아권에서는 그 점유비가 점차 감소하였으나, 세계물동량에서 차지하는 점유율은 1980년 19.8%, 2000년 30.3%, 2002년 31.3%로 점유비율이 점차 증가하고 있다.

<표 2-1> 아시아 및 세계 컨테이너 물동량 실적

단위 : 천TEU, %

지역	1980	1990	2000	2002	연평균증가율 (‘80-’02)
세계 전체(A)	38,772	87,783	235,930	271,100	9.2%
아시아 전체(B)	9,782	34,472	112,751	132,297	12.6%
극동(C)	7,662	23,015	71,421	84,920	11.6%
동남아	1,871	9,677	35,901	41,466	15.1%
남아시아	249	1,780	5,429	5,912	15.5%
C/B	78.3	66.8	63.3	64.2	-
C/A	19.8	26.2	30.3	31.3	-

자료 : Drewry Shipping Consultants Ltd.(2002), Global Container Terminals, p.122., Michael Chia(2003), GTOs & The Global port industry, 23rd IAPH World ports conference.

또한 2002년 세계 컨테이너터미널 실적치를 기준으로 세계 5대 항만 중 5개 항만, 20대 항만 중 11개 항만이 동북아 지역에 위치하고 있다(Containerisation International Yearbook, 2003). 이와 같은 동북아 지역으로의 컨테이너물동량 집중현상은 세계무역의 주간선항로(Main Trunk Route)상의 입지와 중국을 중심으로 한 거대한 배후시장이 형성되고 있기 때문이다.

<표 2-2> 세계 주요항만 실적

단위 : 천TEU

순위	항만명	2002년	2001년	증가율(%)	국가명
1	Hong Kong	19,144	17,826	7.4	China
2	Singapore	16,940	15,571	8.8	Singapore
3	Busan	9,453	8,073	17.1	South Korea
4	Shanghai	8,610	6,340	35.8	China
5	Kaohsiung	8,493	7,540	12.6	Taiwan
6	Shenzhen	7,610	5,076	49.9	China
7	Rotterdam	6,520	6,096	7.0	Netherlands
8	Los Angeles	6,106	5,184	17.8	USA
9	Hamburg	5,373	4,689	14.6	Germany
10	Antwerp	4,777	4,218	13.3	Belgium
11	Port Klang	4,530	3,759	20.5	Malaysia
12	Long Beach	4,526	4,463	1.4	USA
13	Dubai	4,194	3,502	19.8	UAE
14	N.Y./N.J.	3,700	3,316	11.6	USA
15	Qingdao	3,410	2,640	29.2	China
16	Bremen/Bermer.	2,999	2,915	2.9	Germany
17	Gioia Tauro	2,955	2,488	18.7	Italy
18	Tokyo	2,900	2,536	14.4	Japan
19	Felixstowe	2,750	2,800	-1.8	UK
20	Laem Chabang	2,749	2,367	16.1	Thailand

자료 : Containerisation International Yearbook, 2003.

지역별 컨테이너 수요를 전망한 <표 2-3>을 살펴보면, 2003~2007년의 세계 컨테이너물동량은 연평균 6.8%의 증가율을 보일 것으로 전망되었다. 특히, 아시아권 및 동유럽의 컨테이너물동량 증가율이 9%대로 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이 같은 현상은 아시아권의 경제성장과 동유럽의 개방화 경제정책이 지속될 것으로 전망되기 때문이다. 그러나 대부분의 선진지역에서는 경제성장률이 둔화되고 있으며, 컨테이너화의 진전이 성숙기에 이르러 화물증가율이 소폭에 지나지 않을 것으로 전망되고 있다.

<표 2-3> 지역별 컨테이너 수요 전망

단위 : 천TEU

지역	2003	2004	2005	2006	207	증가율
극동아시아	83,460	90,660	99,030	106,004	113,422	8.0%
동남아시아	44,383	49,217	54,263	59,212	64,573	9.8%
중 동	13,037	13,810	14,660	15,421	16,219	5.6%
남아시아	7,904	8,701	9,570	10,492	11,501	9.8%
북미지역	33,670	35,062	36,495	37,895	39,147	3.8%
라틴아메리카	21,689	23,344	25,093	26,765	28,544	7.1%
오세아니아	5,593	5,830	6,112	6,355	6,565	4.1%
아프리카	8,465	8,965	9,461	9,908	10,372	5.2%
동 유럽	1,429	1,575	1,684	1,858	2,046	9.4%
서 유럽	56,962	59,520	62,396	65,114	67,916	4.5%
세계전체	276,591	296,684	318,764	339,024	360,305	6.8%

자료 : Drewry shipping consultants Ltd.(2002), Global Container Terminals, p.138.

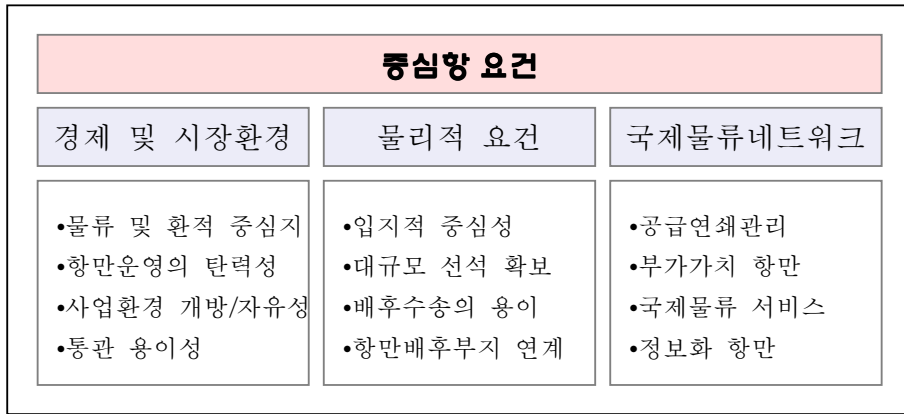
2.2 선박 대형화와 중심항 경쟁

1990년대 들어 세계 주요 컨테이너 선사들은 운영 효율화와 단위비용(unit cost) 절감을 통한 경영합리화를 위해 선박대형화를 추진하고 있다. 특히 선박 대형화는 규모의 경제를 통한 경제적 이익을 선사에게 제공해 준다(Cullinane and Khanna, 2000).

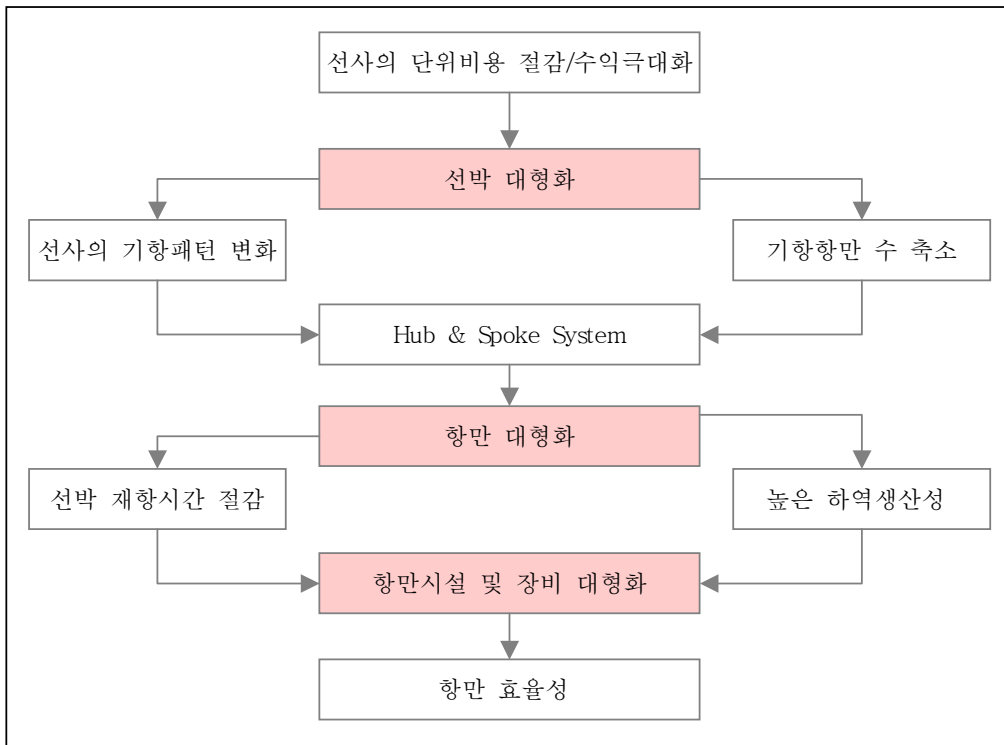
그러나 선박대형화는 다음과 같은 장애요소에 의하여 긍정적인 의견과 부정적인 의견이 대립되고 있다(Baird, 1999). 첫째, 기존 항만들은 대체로 수심이 낮고, 안벽길이가 짧아 대형선의 접안이 어렵다. 둘째, 안벽에서 처리능력을 높이기 위해서는 적정 크레인 대수를 설치해야 한다¹⁾. 또한 크레인의 구조와 성능 역시 선박대형화에 맞게 대형화하여야 한다. 셋째, 대형선을 수용할 대형 터미널의 건설에 막대한 자금이 소요된다. 넷째, 화물확보 문제가 발생된다. 그러나 선박대형화에 대한 우려에도 불구하고 최근 경쟁적으로 대형선의 발주가 지속되고 있다. 이처럼 선박대형화는 선사의 기항패턴을 변화시켜 소수의 대형항만에만 기항하는 Hub & Spoke 시스템을 낳게 되었고, 이러한 대형항만 가운데 주요 기간항로상의 입지, 효율적인 연계수송망, 다양한 서비스 등을 기준으로 중심항을 선정하게 되었다(한철환, 2003). 그동안 논의되었던 중심항의 요건을 종합하여 보면 <그림 2-2>와 같이 표현될 수 있다.

이와 같이 중심항 및 대형화에 따른 컨테이너터미널은 대형선 접안을 위한 터미널 규모의 확대 및 하역장비의 대형화 등을 지속적으로 요구받게 될 것이다.

1) 우리나라의 경우 Gwangyang은 선석당 크레인 2대, Gamman은 선석당 크레인 3대를 사용하고 있다. 그리고 2002년말 Gamman HKT에서 22열 크레인을 1대를 도입하여 선석당 4대를 사용하고 있으며, Gamman KEC에서도 2003년 초에 22열 1대 크레인을 추가 설치하여 선석당 4대 크레인을 보유하게 되었다.



<그림 2-2> 중심항 요건



<그림 2-3> 항만대형화의 프로세스

현재 선박대형화는 <표 2-4>와 같이 8,000TEU 시대를 열고 있다. 2003년 5월부터 운영중인 OOCL Shenzhen호는 8,063TEU로 적재능력이 1968년 900TEU 보다 8배 이상 증가하였다. 선박길이도 323m에 달해 선석길이에 제약을 받고 있다. 향후 12,000TEU급 이상 선박이 접안하기 위한 안벽길이는 400m 정도가 필요할 것이라고 알려져 있다(Z. H. Rizvi, 2003).

<표 2-4> 선박대형화 추세

구분	1세대	2세대	3세대	4세대	5세대		6세대
	1968	1969	1971	1984-85	1988	2001	2003
					APL	H.Lloyd	OOCL
Capa.(TEU)	900	1,500	2,300	4,458	4,340	7,179	8,063
DWT(tones)	15,000	29,000	37,000	57,800	54,655	100,000	99,518
Length(m)	180	220	275	290	275.1	320	323
Width(m)	24	25	32.14	32.2	39.4	42.8	42.8
Draft(m)	9.1	10.7	11.75	10.7	12.5	14.5	14.5
Speed(knots)	21	22.5	27.5	18	24.2	25.0	25.2

자료 : Zia H. Rizvi(2003), Problems Posed by Larger Container Vessels for Ports, Innovation and Possible Solutions, 23rd IAPH World ports conference.

2.3 항만운영의 글로벌화

최근 컨테이너터미널 개발 및 운영에 있어 홍콩 HPH(Hutchison Port Holdings), 싱가포르 운영업체인 PSA Corp., 덴마크 APM Terminals, 영국 P&O Ports, 독일 항만그룹인 Eurogate, 미국 CSX World Terminals 등으로 대표되는 전문 컨테이너터미널 운영업체에 의한 글로벌 터미널 경영이 급속히 확산되고 있다(해양수산백서, 2002). 이러한 주요 컨테이너터미널 운영업체들

은 다른 항만에 대한 직접투자를 확대하는 한편 합작투자 또는 인수·합병을 활발하게 전개하고 있다.

글로벌 운영업체들은 특정항만이나 국가에 집중투자하기보다는 여러 국가에 분산투자하고 있으며, 신규항만의 개발보다는 기존 항만의 운영권 확보, 재개발 및 자본참여 등의 방식을 선호하고 있다. 이것은 장래에 발생할 수 있는 운영위험을 분산시킴과 동시에 자사소유 터미널간의 네트워크 구축을 통한 시너지 효과를 창출하기 위한 것이다.

글로벌 터미널운영업체의 투자전략 방법은 최근 몇 년 동안에 많은 변화를 가져왔고, <표 2-5>와 같이 다양한 방향으로 진행되고 있다.

<표 2-5> 글로벌 운영업체의 투자전략 방법

방법	투 자 방 향
수평적 확장	· 터미널운영업체가 다른 항만의 지분을 인수하거나 운영권을 획득하여 해외 항만으로 진출. 아시아, 유럽, 미국 등지에서 HPH, PSA, P&O Port, APM 등
내부투자	· 터미널운영업체가 국가 혹은 항만 인접지역의 투자로 사업영역 확장
수직적 확장	· 해운선사들이 해외주요 거점지역에 전용터미널을 건설 · APM(Maersk-sealand), Hanjin, Evergreen 등
하역회사 합병	· 컨테이너하역회사의 합병은 선사간 합병·제휴, 선박의 크기, 화물량 및 대형화주에 대한 경쟁력 확보와 경쟁회사에 우위를 확보하기 위해서 추진
조인트벤처 (Joint Venture)	· 해운선사들과 하역회사간의 조인트벤처(Joint Venture)를 구성함. Gwangyang KIT(허치슨/현대/한진), 로테르담 Euromax (P&ON/ECT), Hamburg Altenwerder(Hapag Lloyd/HHLA).

자료 : Ocean Shipping Consultants(2003), Gwangyang Phase III Market Study, pp.26-29.

<표 2-6> 글로벌 터미널 운영업체의 물동량 및 시장점유율

단위 : 백만TEU

순위			운영업체	2002		2001		1996	
2001	2001	1996		물동량	점유율	물동량	점유율	물동량	점유율
1	1	2	HPH	36.7	13.3%	27.0	11.0%	11.2	7.1%
2	2	1	PSA	26.2	9.5%	19.0	7.7%	12.9	8.2%
3	3	3	APM Terminals	17.2	6.2%	16.0	6.5%	5.5	3.5%
4	4	5	P&O Ports	12.8	4.6%	9.8	4.0%	2.9	1.8%
5	5	4	Eurogate	9.5	3.5%	8.6	3.5%	3.6	2.3%
6	10	16	Evergreen	5.7	2.1%	3.6	1.5%	1.2	0.8%
7	6	6	DPA	5.3	1.9%	4.7	1.9%	2.2	1.4%
8	9	19	COSCO	4.7	1.7%	3.9	1.6%	0.8	0.5%
9	12	14	Hanjin	4.7	1.7%	3.3	1.3%	1.4	0.9%
10	8	9	SSA	4.4	1.6%	3.9	1.6%	1.8	1.1%
11	7	12	APL/NOL	4.3	1.6%	4.2	1.7%	1.5	1.0%
12	11	8	HHLA	4.0	1.4%	3.5	1.4%	1.8	1.2%
13	17	11	NYK	3.5	1.3%	2.2	0.9%	1.6	1.0%
14	14	13	OOCL	3.0	1.1%	2.9	1.2%	1.5	0.9%
15	15	18	CSXWT	2.7	1.0%	2.6	1.0%	0.8	0.5%
16	19	14	MOL	2.7	1.0%	2.0	0.8%	1.4	0.9%
17	16	-	Dragados	2.3	0.8%	2.3	0.9%	-	0.0%
18	17	16	K Line	2.2	0.8%	2.2	0.9%	1.2	0.8%
19	21	-	MSC	2.2	0.8%	2.0	0.8%	-	0.0%
20	22	20	TCB	2.2	0.8%	1.8	0.7%	0.7	0.4%
소계				156.3	56.7%	125.5	50.9%	54.0	34.3%
연평균 증가율				24.5%		18.4%			
기타 합계				119.7	43.3%	120.5	49.1%	103.0	65.7%
전세계 합계				276.0	100%	246.0	100%	157.0	100%

자료 : Drewry shipping consultants Ltd.(2002), Global Container Terminals, p.164.

글로벌 터미널 운영업체는 <표 2-6>과 같이 2002년에 전세계 물동량의 56.7%를 상회하여 처리하였으며, 그 점유율은 지속적으로 증가하고 있다. HPH의 경우 2002년 전세계 컨테이너물동량의 13.3%에 달하는 3,670만TEU를 처리하였으며, 싱가포르의 PSA는 2,620만TEU를 처리하여 9.5%의 점유율을

기록하였다. 이밖에 APM Terminals는 1,720만TEU를 처리하여 6.2%를 차지하고 있다.

우리나라 운영업체의 경우 Hanjin이 전세계 물동량의 1.7%인 470만TEU를 처리하였다. 그러나 2001년 13위를 기록했던 현대상선의 경우는 2002년에 자사터미널을 HPH에 매각한 이후 그 순위가 뒤쳐지고 있다.

우리나라의 경우 컨테이너 전용터미널의 개발 및 운영과 관련하여 국제 입찰을 통한 글로벌 터미널 운영업체의 자본과 기술을 유치하려는 움직임이 활발해지고 있다. 이러한 결과로 홍콩 HPH(Hutchison Port Holdings)가 현대상선으로부터 HBCT 및 Gamman과 Gwangyang1단계 터미널 각 1선석을 인수하였고, 인천 남항에 싱가포르 PSA가 진출하였고 Gwangyang 2단계에 홍콩의 HPH가 현대상선, 한진해운과 컨소시엄 형태로 운영에 참여하였다. 또한 부산신항만에는 예전의 Sea-Land Terminal이었던 CSXWT가 참여하고 있다.

<표 2-7> 해외 운영사의 국내 진출 사례

구분	부두	회사명	기타
부산항	자성대	HPH(HKT)	지분 100%(운영)
	감만부두(HPH)	HPH(HKT)	지분 100%(운영)
	감만부두(KEC)	OOCL · ZIM	지분 20%
	신감만(동부건설)	Evergreen	지분 30%
	신항만	CSXWT	지분 24.5%(운영)
광양항	1단계(HPH)	HPH(HKT)	지분 100%(운영)
	1단계(KEC)	OOCL · ZIM	지분 20%
	2단계	HPH(KIT)	지분 80%(운영)
인천항	인천남항	PSA	지분 60%(운영)

자료 : 해양수산부(2002), 해양수산백서, pp.307-309. 재정리

해외터미널 운영사의 국내진출로 선진 운영기법을 도입하는 등 긍정적인 영향을 가져올 것으로 기대되고 있지만, 우리나라의 경우 글로벌 터미널운영업체가 운영하는 터미널에서 일부 선사가 부산항을 이탈하여 기항지를 변경할

경우 중국에 있는 자사 터미널로 이동하는 현상이 나타나고 있어 국가적인 차원에서는 부정적인 결과를 초래할 수도 있다.

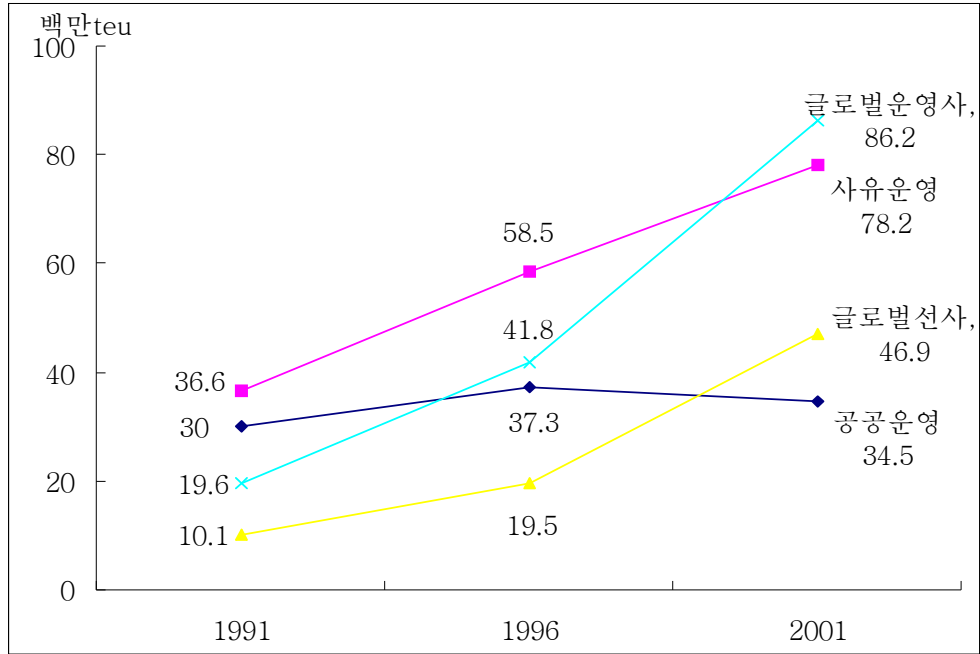
2.4 항만운영체제 개편

1980년대 이후 항만운영형태는 국가별, 항만별 및 시대상황에 따라 변화되어 왔다. 특히 항만민영화는 항만운영형태의 주요 핵심으로 등장하고 있다. 이와 같은 항만민영화가 추진되는 주요요인으로는 첫째, 항만운영에 있어 민간부문의 능력을 활용하여 효율성 제고를 기하는 것이며, 둘째 항만개발을 위한 공공자금의 부족현상을 해소하기 위해 민간자본을 활용한다는 것이다. 즉 민간소유 및 민간운영형태는 항만시설에 민간자본 투자를 유도하고 민간의 활력과 창의력 및 경쟁원리를 도입하여 항만의 효율성 및 경쟁력을 강화하는 데 있다.

이처럼 민간운영형태는 항만의 경쟁력을 강화하고 물류와 관련된 종합적인 기능을 수행할 수 있도록 창의적이고 적극적인 운영환경을 조성하기 위해 변화하고 있다. 항만에서의 효율성 향상, 고객수요에 부응한 서비스 제공 등이 중요시됨에 따라 국가에 의한 항만운영보다는 민간에 의한 항만운영이 보다 효율적이고 새로운 수요를 충족시키는 데 더 적절하다고 인식되고 있다(해양수산부, 2002).

<그림 2-4>는 항만운영체제에 따른 컨테이너처리량의 실적변화를 잘 설명해 주고 있다. 글로벌 운영업체의 컨테이너처리량은 1991년 1,960만TEU에서 2001년 8,620만TEU로 급격히 증가하였으며, 민간에서 운영되는 컨테이너터미널 물동량 또한 1991년 3,660만TEU에서 2001년 7,820만TEU로 지속적인 증가세를 유지하고 있다.

그러나 공공운영형태의 터미널에서는 2001년 처리량이 1996년보다 감소한 3,450만TEU를 처리하여, 물동량의 변화가 거의 나타나지 않고 있다.



<그림 2-4> 터미널 운영형태에 따른 물동량 변화

자료 : Drewry Shipping Consultants(2002), Global Container Terminals, p.165.

2.5 컨테이너터미널 시설현황

우리나라 컨테이너 전용터미널은 자성대(HBCT), 신선대(PECT), 감만(Gamman)부두, 광양(Gwangyang)1단계, 광양2단계, 우암부두(UTC), 감천부두, KIT, 광양2단계 및 신감만 등이 있다.

최초의 컨테이너전용터미널인 HBCT가 1978년 9월에 개장하였으며, 다음으로 1991년 6월에 PECT, 2002년 4월 신감만부두에 이르기까지 지속적으로 시설을 확장하고 있다. 민간부두로 개발, 관리되고 있는 Gamcheon터미널을 제외하고 모든 터미널이 공공형태로 개발되었으나, 현재는 민간운영으로 전환되

어 운영되고 있다.

<표 2-8> 우리나라 컨테이너 전용부두 시설현황

구분	HBCT	PECT	Gamman	Gwangyang	UTC	Gamcheon
운영개시	'78. 9	'91. 6	'98. 4	'98. 7	'96. 9	'97. 11
운영업체	한국 허치슨(주)	(주)신선대 컨테이너 터미널	허치슨, 한진, 세방, 대한통운	허치슨, 한진, 세방, 대한통운	우암 터미널(주)	(주)한진 해운
부두길이	1,447m	1,200m	1,400m	1,400m	500m	600m
하역능력	120만TEU	120만TEU	120만TEU	120만TEU	27만TEU	34만TEU
부지면적	647천㎡	1,039천㎡	731천㎡	840천㎡	184천㎡	148천㎡
- CY	394천㎡	672천㎡	336천㎡	500천㎡	156천㎡	105천㎡
하 역 장 비	C/C 12기	C/C 11기	C/C 14기	C/C 9기	C/C 4기	C/C 4기
	T/C 31기,	T/C 32기,	T/C 37기,	T/C 19기,	T/C 10기,	T/C 10기,
	R/S 4대,	R/S 19대,	R/S 9대,	R/S 9대,	R/S 3대,	R/S 1대,
	Y/T 65대,	Y/T 61대,	Y/T 73대,	Y/T 44대,	Y/T 20대,	Y/T 19대,
	F/L 17대,	F/L 10대,	F/L 11대,	F/L 7대,	F/L 2대,	-
	샤시 249대	샤시 230대	샤시 186대	샤시 103대	샤시 35대	샤시 38대

자료 : 한국컨테이너부두공단, 2003.

<표 2-9>는 2002년 기준 해외 컨테이너터미널의 시설현황을 나타낸 것이다. 총물동량에서는 Singapore가 1,676만TEU로 가장 높으며, 말레이시아 Laem Chabang LCB1터미널이 51만TEU로 가장 낮은 처리실적으로 보이고 있다.

단일 터미널로서는 홍콩 HIT가 가장 높은 570만TEU를 처리하였으며, 다음으로 Dubai가 419만TEU, MTL이 361만TEU를 기록하였다.

Singapore는 안벽길이 9,621m에 달해 가장 길며, 다음으로 Gioia Tauro로

3,011m에 달한다. 반면에 CSXWT는 안벽길이 305m로 110만TEU를 처리하여 단일선석에서 가장 높은 처리실적을 보이고 있다.

<표 2-9> 해외 컨테이너터미널 시설현황(2002년)

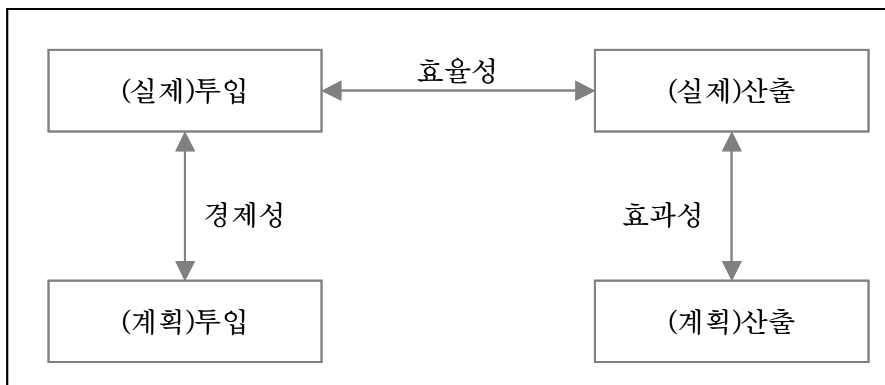
구 분	총화물량 (천TEU)	안벽길이 (m)	총면적 (천㎡)	TGS	C/C (개)	T/C (개)
Tokyo	1,625	2,354	934	6,141	17	62
CSXWT	1,079	305	167	11,250	4	22
COSCO-HIT	1,500	1,088	300	24,744	9	32
MTL	3,613	1,822	801	59,900	19	75
HIT	5,700	3,292	919	80,000	35	119
SCT	3,200	2,281	825	60,000	20	54
YICT	4,181	2,350	1,180	65,170	18	70
SCTCN	884	650	234	25,304	8	22
QHCC	2,495	1,600	786	96,000	14	38
Singapore	16,755	9,621	3,390	263,176	118	375
Port Klang	2,050	2,000	648	36,391	20	43
MICT	1,041	1,300	940	33,173	10	25
LCIT	724	400	182	8,691	4	12
LCB1	509	300	105	8,172	3	8
Salalah	1,212	1,236	550	40,000	12	24
Colombo	1,603	1,642	455	33,564	14	44
Dubai	4,194	2,938	2,083	101,876	30	74
Gioia Tauro	2,955	3,011	1,200	55,038	18	64
Algeciras	2,229	1,799	536	44,513	18	48
Eurogate	1,465	2,100	1,200	75,678	12	69

자료 : Containerisation International Yearbook(2003)을 참고하여 제작성.

3. 효율성의 이론적 고찰

3.1 효율성의 개념

효율성의 개념 정의에 대한 논의는 현재까지 명확한 결론을 내리지 못하고 있다. 효율성(Efficiency)과 함께 논의되어온 개념으로는 효과성(Effectiveness), 경제성(Economy), 생산성(Productivity) 등이 있다. 이러한 개념들은 한 조직 혹은 기업의 성과(Performance)가 상이한 점에 대한 분석과정에서 시작되었다. 즉, 기업의 성과를 투입과 산출 중 어떠한 수준을 기준으로 측정하느냐에 따라 그 개념에 대한 해석을 달리하고 있다. 윤경준(1995)은 효과성, 효율성, 경제성과의 관계를 다음 <그림 3-1>과 같이 제시하였다.



<그림 3-1> 경제성, 효율성, 효과성의 구분

자료 : 윤경준(1995), 『지방정부 서비스의 상대적 효율성에 관한 연구』, 연세대학교 박사학위논문, p.14.

효과성(Effectiveness)은 산출수준에만 한정하여 평가하는 개념으로, 계획했던 산출수준과 실제 산출수준과의 관계로 설명된다. 즉, 계획했던 산출보다 많은 실제 산출을 달성하였을 경우 투입수준과는 관계없이 효과성은 향상된 것

으로 보는 것이다.

이에 반해 경제성(Economy)은 투입수준에 한정하여 기업의 성과를 평가하는 개념이다. 이것은 비용절감이나 절약과 유사한 개념으로서 산출의 증감에 관계없이 당초에 계획했던 투입수준보다 적은 투입이 이루어졌다면 경제성의 향상은 달성된 것으로 보는 것이다.

효율성(Efficiency)은 실제 사용된 투입과 실제 생산된 산출과의 관계에 관한 것이다. 따라서 효율성의 향상이 이루어지기 위해서는 투입과 산출측면이 동시에 고려되어야 한다. 즉, 일정한 투입으로 얻을 수 있는 최대한의 산출, 또는 일정한 산출을 얻기 위한 최소한의 투입이 이루어졌을 경우에 효율성은 향상된다고 보는 것이다.

생산성(Productivity)은 효율성과 가장 혼용하여 사용되고 있으며 아직까지 그 개념의 구분은 명확하지 않다. Hatry and Fisk(1992)는 생산성을 효율성과 효과성을 포함하는 폭넓은 개념으로 정의하였던 기존의 입장을 수정하여 비용에 초점을 둔 “단위생산당 비용”을 효율성으로, 생산측면에 초점을 둔 “단위비용당 생산”을 생산성으로 정의하여 큰 차이가 없다고 주장하고 있다. 또한, Starling and Grover(1986)는 생산성과 효율성을 구분하는 것은 의미가 없다고 주장하여 동일한 개념으로 취급하고 있다.

따라서 본 연구에서도 효율성과 생산성에는 큰 차이가 없는 동일한 개념으로 사용하였다.

3.2 효율성의 종류

1) 기술적 효율성(Technical Efficiency)

경제학적인 개념에서 투입과 산출 양자의 관계에 의해 설명할 수 있는 효율성은 기술적(Technical) 효율성과 배분적(Allocative) 효율성으로 구분할 수 있다.

기술적 효율성은 조직의 내적 운영에 초점을 두고 산출을 최대화하는 데 관심을 가지는 것으로 일정한 수준의 물리적 자원을 활용하여 하나의 조직이 생산성을 극대화할 때, 혹은 하나의 조직이 일정한 수준의 생산성을 얻기 위해 자원을 최소로 투입할 때 얻어지는 물리적 산출²⁾이다.

Lovell(1993)은 특정한 생산물의 산출을 늘리기 위해 다른 생산품의 산출을 감소시켜야 하거나 다른 자원의 투입이 필요한 경우, 그 생산자가 효율적이라고 말하고 있다. 이것은 동일한 자원으로 동일한 수준의 산출을 얻거나 같은 투입을 이용하여 더 많은 산출물을 생산하는 경우에 기술적 효율성이 있다는 것이다. 이러한 기술적 효율성은 0에서 1사이의 값을 가진다.

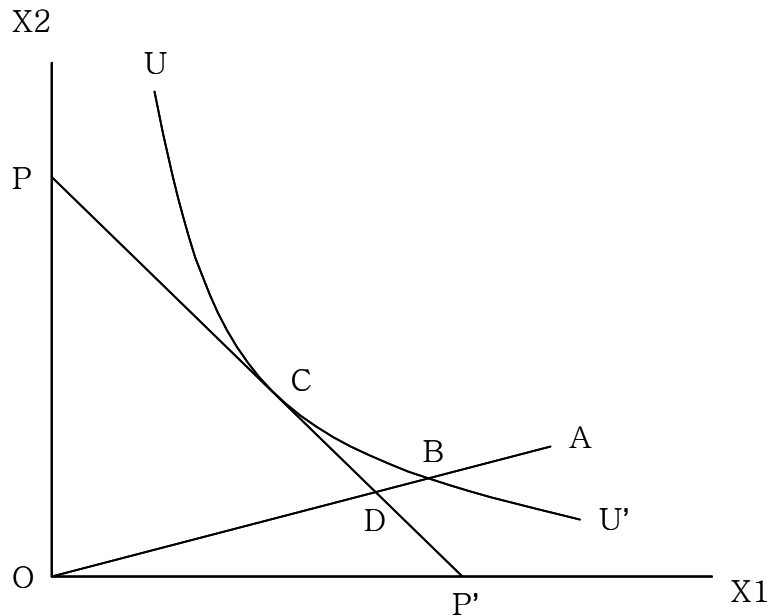
2) 배분적 효율성(Allocative efficiency)

배분적 효율성은 가격효율성으로 표현되기도 하는 것으로서 완전경쟁시장 체제하의 시장에서 생산단위들간의 자원배분에 관한 문제로 비용과 편익을 둘러싼 파레토(Pareto) 최적상태를 의미한다. 즉, 주어진 가격구조에서 투입과 산출이 최적 비율로 결합될 때 얻어지는 것으로서 이때의 생산수준이 가장 효율적이라 할 수 있다.

그러나 Leibenstein(1976)은 배분적 효율성을 파레토 최적상태로 설명하게 되면 조직내부에서 발생하는 비효율적인 요소를 설명하지 못한다고 주장하고, X-비효율성을 제시하였다. 이것은 조직의 효율성은 자원의 효율적인 배분뿐만 아니라 승진, 급여, 작업환경 등 다양한 의사결정과 동기부여 등에 의해 생산되는 산출량이 상이할 수 있다는 새로운 개념의 배분적 효율성이다.

Farrell(1957)은 이러한 기술적, 배분적 효율성을 측정하기 위한 개념적 틀을 다음 <그림 3-2>와 같이 제공하고 있다.

2) 물리적이란 투입 또는 산출을 화폐단위로 환산하지 않고 측정단위를 그대로 사용한다는 의미이다 (Metcalf and Recharads, 1987).



<그림 3-2> 기술적 효율성 및 배분적 효율성

x_1, x_2 두 가지 투입이 있고 한 가지 산출 y 를 생산하는 기업이 있으며, y 에 대한 생산함수가 $y=f(x_1, x_2)$ 라고 할 때, 이 기업의 생산기술에 있어 규모에 대한 수익불변이 1이라고 가정한다면($1=f(\frac{x_1}{y}, \frac{x_2}{y})$), 효율적인 기업들은 <그림 3-2>의 등량곡선 UU' 위에 나타날 것이다.

등량곡선 UU' 는 완벽하게 효율적인 기업이 두 가지 생산요소를 조합하여 산출을 생산하는 다양한 방식을 나타내는 점들의 집합이다. 하나의 기업이 y^* 를 생산하기 위해 투입 x_1^* 과 x_2^* 를 사용한다고 가정할 때, A점의 좌표는 $(\frac{x_1^*}{y^*}, \frac{x_2^*}{y^*})$ 가 될 것이며, UU' 아래에 놓일 수 없다. 여기서 기술적 효율성은 OB/OA 이다. 따라서 기업의 기술적 비효율은 $1 - OB/OA$ 로 측정할 수 있으

며, 이는 산출 y^* 의 감소없이 감소될 수 있는 (x_1, x_2) 의 비율을 나타낸 것이다.

한편 PP' 가 비용을 최소화하는 투입요소의 가격비율을 나타낸다고 하면, 최소가격점은 C 이다. D 점에서의 비용이 배분적 효율성을 나타내는 C 점에서의 비용과 동일하기 때문에 배분적 효율성은 OD/OB 로 배분적 비효율성은 $1 - OD/OB$ 로 정의할 수 있다. 총효율성은 OD/OA 로 총비효율성은 $1 - OD/OA$ 가 된다.

확률프론티어 생산함수는 현재의 기술수준하에서 일정한 양의 생산요소를 투입하였을 때 산출할 수 있는 최대의 생산량을 나타내 주는 함수식이다. 즉, 생산함수에서 최대생산량을 프론티어(Frontier)로 정의하고, 이로부터 실제의 관찰치와의 차이를 기술적 비효율성으로 간주한다.

이상을 요약하면, 개별 생산단위의 효율성은 0과 1사이에 있으며, 기업의 실제산출이 적정산출과 같을 때 기술적으로 효율적이고, 실제투입이 적정투입가격과 같을 때 배분적으로 효율적이다.

3.3 효율성 측정방법

1) 비용편익분석과 비용효과 분석

비용편익분석(Cost-Benefit Analysis)은 투입된 비용과 얻어진 생산물의 비율을 통해 한 조직의 효율성을 측정하는 방법이다. 즉, 어떤 주어진 목표를 달성함에 있어서 최소의 자원을 가장 효율적으로 사용할 수 있는 대안, 즉 사회적 순편익(Net Social Benefit)을 극대화할 수 있는 대안을 선정하기 위해 사용되는 방법이며, 일반적으로 n 년간에 걸쳐 수행되는 대안은 다음 <식 3-1>과 같이 계산된다.

$$\frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (B_t : t\text{년도 편익}, C_t : t\text{년도 비용}, r : \text{할인율}) \quad \langle \text{식 3-1} \rangle$$

따라서 비용편익분석은 주로 의사결정에 있어 다수의 선택 또는 우선순위의 결정을 위한 비교의 목적으로 활용되거나 단일사업에 대한 투자가치의 유무를 판단하기 위해 사용된다.

비용편익분석기법의 기본 논리는 다음과 같은 사실을 기초로 한다.(박종화, 윤대식, 이종열, 1998). 첫째, 모든 투자사업은 자원을 사용한다. 둘째, 모든 투자사업은 편익(Benefit)을 제공한다. 셋째, 만약 비용과 편익이 정확하게 측정된다면 투자로부터 발생하는 비용과 편익을 비교·평가하여 어떤 투자사업의 타당성 여부를 평가하거나 투자사업의 우선순위를 매길 수 있다. 대안들간의 선택 또는 우선순위의 결정시 효율성을 선택의 기준으로 삼는 경우 각 대안에 투입되는 비용과 이로부터 얻을 수 있는 편익을 종합적으로 검토하여 최적의 대안을 결정하게 된다.

그러나 비용편익분석은 적용하기가 비교적 단순하고 이해가 용이하다는 장점이 있으나, 효율성을 평가하기에는 다음과 같은 한계를 가지고 있다.

첫째, 효율성 측정을 위해 비용편익분석을 사용할 경우, 가장 중요한 과제는 투입과 산출을 금액으로 표시할 수 있어야 한다는 것이다. 투입요소를 금액으로 환산하는 것은 간접적 투입요소를 제외한 인력, 장비 등의 직접적인 투입요소만을 고려한다면 비교적 용이하게 수행될 수 있다. 그러나 산출의 경우 시장가격이 형성되어 있지만 계약형태에 따라 그 가격이 상이하기 때문에 정확한 화폐단위로의 환산이 어려워 효율성 측정을 위한 수단으로는 한계를 지니고 있다.

둘째, 다른 시점에서 발생하는 비용과 편익을 어떻게 비교할 것인가의 문제

이다. 즉, 할인율의 결정에 관한 것으로 할인율의 결정은 사업의 평가에 중요한 영향을 미치며, 적용되는 할인율에 따라 효율성에 대한 평가가 달라질 수 있기 때문이다. 또한 시장이자율을 할인율로 사용하는 경우에는 미래에 대한 고려가 없어 세대간 형평성의 문제를 내포할 수 있다.

셋째, 미래에 발생하는 비용과 편익을 얼마만큼 정확하게 예측할 수 있을 것인가에 관한 문제이다. 이러한 비용편익분석의 한계점을 극복하기 위해 비율분석의 일종인 비용효과분석(Cost-Effectiveness Analysis)을 사용하기도 한다. 비용효과분석은 산출을 반드시 금액으로 표시하지 않고 물리적 단위를 그대로 사용하기 때문에 비용편익분석이 가지는 한계를 다소 극복할 수는 있다. 그러나 비용효과분석 또한 중요 비율을 선정하고, 각각에 가중치를 부여해야 하며, 각각의 산출에 소요되는 비용을 계산하여 효율성을 측정하고, 이 각각의 비율을 다시 조직간에 비교하여 평가하는 절차를 거쳐야 하기 때문에, 지표선정에 있어 자의성이 개입되기 쉽고 평가의 공정성이 결여되기 쉬운 단점을 지니고 있어 효율성을 측정·비교하는 방법으로는 한계를 가지고 있다.

2) 회귀분석(Regression Analysis)

효율성을 측정하는 다른 한 방법으로 회귀분석이 있다. 회귀분석은 한 변수가 다른 여러 변수들에 의해 설명되는 정도를 알아보기 위한 통계적인 방법으로 종속변수와 독립변수간의 선형관계를 가정하고 있다. 이 분석은 모형에 의한 효율성의 추정치와 각 조직의 실제 관찰치를 비교하여 효율성과 비효율성을 측정하는 방법이다. 즉, 이 분석방법에서는 효율적인 조직은 추정치보다 높은 관측치를 보이며, 비효율적인 조직은 추정치보다 낮은 관측치를 보이게 된다. 일반적인 계산은 다음의 <식 3-2>와 같다.

$$I = a + \sum_{i=1}^n b_i O_i + v_i$$

$$O = c + \sum_{i=1}^n d_i I_i + u_i \quad \text{<식 3-2>}$$

(I : 투입, O : 산출, a, b, c, d : 회귀계수, v_i, u_i : 오차항)

이러한 회귀식에서는 투입에 초점을 둘 경우 회귀식이 추정된 투입량과 실제 특정 조직이 사용한 투입량의 차이를 가지고 효율성을 측정하는데, 이 경우 양(+)^의 잔차를 갖는 조직은 상대적으로 비효율적인 조직으로, 음(-)^의 잔차를 갖는 조직은 상대적으로 효율적인 조직으로 평가되며, 산출에 초점으로 둘 경우에는 반대가 된다.

그러나 단일방정식 형태로 된 회귀모형은 단일 산출물로 국한되거나, 모든 산출물이 단일생산지표로 결합되는 것을 필요로 한다. 컨테이너터미널은 다수의 투입요소들을 가지고 있기 때문에 이러한 투입요소들이 화폐가치로 통일되어 쓰이지 않는 한 한계점을 지니고 있다.

또한 효율성은 기본적으로 투입측면에서는 최소의 투입으로, 산출측면에서는 최대의 산출을 얻는 것을 기본개념으로 하고 있기 때문에 평균적인 수준을 제시하는 회귀분석은 효율성을 평가하는 데에는 한계가 있다. 즉, 평균적인 효율성 개념을 사용하게 되면, 개별 터미널의 효율성 또는 비효율성의 크기를 측정할 수 없으며, 그 인과관계에 대한 정보도 파악할 수 없게 된다.

3) 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)

Charnes, Cooper and Rhodes(1978)는 Farrell(1957)의 상대적 효율성 프론티어에 기초하여 동일한 목적을 갖는 조직(DMU)의 상대적 효율성을 평가하기 위한 방법으로 DEA(Data Envelopment Analysis)를 제안하였다.

$$\frac{\sum_{i=1}^n V_i Y_i}{\sum_{k=1}^m W_k X_k} \quad (k = 1, 2, \dots, m = 1, 2, \dots, t) \quad \langle \text{식 3-3} \rangle$$

이 모형은 투입 X 를 사용하여 산출 Y 를 생산하며, 투입과 산출에 W, V 의 가중치가 부여되어 있을 경우의 효율성을 나타낸다. 이것은 비용효과분석과 회귀분석과는 달리 개별 조직의 비효율을 측정할 수 있고, 가격을 요구하지 않으며 기업이 복수의 산출물을 생산하는 경우에도 쉽게 다룰 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점으로 학교, 경찰서, 병원, 공공도서관, 보건소, 정부투자기관 및 지방정부 등과 같은 비영리조직을 대상으로 많은 연구가 진행되고 있다. DEA는 조직의 효율성 평가과정에 있어 다음과 같은 몇 가지 중요한 속성을 나타낸다.

첫째, 다수의 투입과 산출을 포함할 수 있으며, 각각의 산출 또는 투입에 대해 가중치를 필요로 하지 않는다. 따라서 DEA는 단순비율분석에서 나타나는 애매모호성을 회피하면서 분석에 다수의 산출을 포함시킨다(이영범, 1997).

둘째, 의사결정단위(DMU : Decision Making Unit)들의 실제값이 효율성 프론티어를 형성하기 때문에 비효율적인 의사결정단위는 단위비용당 더 낮은 산출을 생산하여 상대적으로 비효율적이라 할 수 있다.

셋째, 통제할 수 있는 투입이 포함된다면, 효율성을 개선하기 위한 관리전략을 개발할 수 있다. 효율성을 달성하기 위해 산출증대, 투입감소 또는 필요한 경우 두 가지 방법 모두를 선택하여 개선전략을 수행할 수 있다(남기범, 1995).

그러나 DEA는 쉽게 다룰 수 있다는 장점을 가지고 있지만 다음의 몇 가지 한계점을 가지고 있다.

첫째, DEA는 다변수의 생산요소와 생산량을 사용하여 유사한 조직간의 상대적 효율성을 측정하는 방법이므로, 생산성 측정의 대상이 이질적이고 시차

적으로 제약이 있는 경우에는 편의(bias)가 포함될 가능성이 높다(원구환, 1998).

둘째, DEA는 최고성취수준을 1로 설정하여 이를 기준으로 대상조직들의 효율성을 추정하는 상대적인 평가방법으로, 1에 도달하지 못하는 모든 수치를 비효율로 계산하기 때문에 확률적 오차까지 비효율적인 요소로 포함시키는 오류를 범한다. 따라서 측정상의 오차가 비효율에 포함되기 때문에 비효율성의 정도가 과장되는 효과를 초래하게 된다(이영범, 1997).

셋째, DEA는 단년도 자료를 사용하여 효율성을 분석하므로, 한 대상의 연도별 효율성을 비교하거나 연도별로 대상조직의 효율성을 비교하기에는 적당하지 못하다(오승은, 2000). 특히, 투입의 효과가 즉각적으로 발생하지 않는 컨테이너 터미널의 경우에는 다년도에 걸쳐서 효율성을 측정하는 것이 바람직하다.

4) 확률프론티어모형(Stochastic Frontier Model)

계량모형을 이용한 프론티어 모형에는 확정적프론티어 모형(DFM ; Deterministic Frontier Model)과 확률프론티어 모형이 있는데, 확정적프론티어 모형에서는 최대생산량이 주어진 생산요소로부터 오차 없이 확정적으로 결정된다. 이 경우 오차항은 기술적 효율성을 나타내는 지표로써 일방향 오차항(One-sided error term)이 된다. 그러나 이것은 동시에 통계적 오차도 포함하기 때문에 기술적 효율성과 통계적 오차를 구분할 수 없다는 단점이 있다. 한편, 확률프론티어 모형에서는 효율성을 표시하는 일방향의 오차항과 확률적 충격(Random shock)과 통계적 오차를 나타내는 양방향의 오차항(Two-sided error terms)을 포함하는 복합적 오차항(Composite error terms)을 지니므로 효율성과 통계적 오차는 분리될 수 있다. 따라서 확률프론티어 모형에서는 최대 생산량이 주어진 생산요소와 효율성 수준에서 확률적으로 결정된다.

확률프론티어 모형은 현재의 기술수준 하에서 일정한 양의 생산요소를 투입

하였을 때 산출할 수 있는 최대의 산출량을 나타내 주는 함수식이다(Schmidt, 1985). 즉, 생산함수에서 최대의 생산량을 프론티어로 정의하여, 실제 관측치와 최대생산량인 프론티어와의 차이를 기술적 비효율로 간주하여 측정한다.

Aigner, Lovell and Schmidt(1977)가 개발한 확률프론티어 모형은 통제가 불가능한 양면성의 자연적인 오류도 비효율로 계산하는 DEA의 문제점을 해결하기 위하여 두 가지 확률적 오차가 독립적이라는 전제하에 다음의 <식 3-4>, <식 3-5>와 같은 추정방식을 도출하였다.

$$y_i = f(x_i; \beta) + v_i - u_i \quad \text{<식 3-4>}$$

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln x_{ni} + v_i - u_i \quad (u_i \geq 0) \quad \text{<식 3-5>}$$

v_i = 양면성을 가진 잡음(noise) 오차

u_i = 비효율성 오차

여기에서 v_i 는 양면성(two-sided)을 가지면서 통제할 수 없는 임의의 측정 오차이며, u_i 는 일면성을 가지는 비효율성 오차를 말한다. 이 비효율성 오차 u_i 를 통하여 비효율성을 평가할 수 있다.

이때 v_i 는 평균 0, 분산 σ_v^2 인 정규분포 즉, $v \sim N(0, \sigma_v^2)$ 의 형태를 취하고, u_i 는 비음의 단측분포 즉, $u \sim N^+(0, \sigma_u^2)$ 를 취한다고 가정하여 프론티어 생산함수를 추정한다.

그리고 $\sigma = (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)^{\frac{1}{2}}$, $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ 라고 정의할 때, $\lambda > 1$ 이면 $\sigma_u > \sigma_v$ 가 되어 비효율성 오차가 임의의 측정오차를 압도하게 된다. 따라서 이 경우에는 한 조직에 비효율성이 존재하기 때문에 확률프론티어 모형을 이용하여 비효율성을 측정할 수 있다. 반면 $\lambda < 1$ 이면 임의의 측정오차가 비효율성을 압도하여 확률프론티어 모형을 이용하여 비효율성을 측정하는 것이 통계적인 의미를

갖지 못한다.

이상의 여러 분석기법들의 특징 및 장단점을 간략하게 정리한 것이 <표 3-1>이다. 각각의 측정방법들은 나름대로의 장점과 한계점을 가지고 있으며, 어느 하나의 방법이 다른 방법에 비해 월등하다고는 말할 수 없다. 그러므로 연구자의 연구목적, 의도에 따라 측정방법을 다양하게 선택할 수 있다.

<표 3-1> 효율성 측정방법의 장단점 분석

구분	장점	단점
비용편익분석	<ul style="list-style-type: none"> · 대안들의 선택을 위한 비교 · 단일사업의 투자가치를 판단하는데 유리 	<ul style="list-style-type: none"> · 화폐단위를 사용 · 할인율의 결정 · 예측력의 결핍
비용효과분석	<ul style="list-style-type: none"> · 물리적 단위의 사용 	<ul style="list-style-type: none"> · 지표선정의 자의성 · 평가의 공정성 결여
회귀분석	<ul style="list-style-type: none"> · 산출과 투입 양자측면에서 설명 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 평균적 생산관계만을 나타냄 · 개별조직의 비효율 측정불가
자료포락분석	<ul style="list-style-type: none"> · 가격을 요구하지 않음 · 복수 산출물 생산하는 경우 유리 	<ul style="list-style-type: none"> · 시계열 자료를 이용한 분석 불가능함 · 비효율성의 정도가 과장 · 가치의 차이를 구분하지 못함
확률프론티어 분석	<ul style="list-style-type: none"> · 최대생산량을 기준으로 효율성 평가 · 시계열 자료를 이용한 추이분석 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 단년도 자료를 사용하는 경우 오차항의 분포를 가정하여야 함

자료 : 오승은(2000), 『지방자치단체 기업적 활동의 효율성 분석, 지방공영개발사업을 중심으로』, 연세대학교 박사학위논문, p.67.

본 연구대상인 컨테이너터미널의 경우, 비용편익분석은 투입변수를 화폐단위로 사용한다는 문제점으로 채택하기 불가능하며, 회귀분석은 투입과 산출의

양자관계를 고려하지만 개별조직의 비효율의 측정이 불가능하여 선택하지 못하였다. 또한 자료포락분석의 경우 변수선정시 가격을 요구하지 않고, 복수의 산출물을 투입하여 효율성을 판단하는 등 많은 장점에도 불구하고 연도별 효율성을 판단하기 불가능하며, 효율적인 터미널이 1일 때 1이 아닌 모든 터미널은 비효율성으로 측정되어 비효율성의 정도가 다소 과장되는 측면이 있다. 특히 컨테이너터미널은 투입 시설 및 장비를 개장과 동시에 설치하여 연도별 처리물동량에 따라 효율성이 달라질 수 있으며, 특정년도의 실적에 따라 효율성의 순위와 편차가 심하게 발생될 수 있다.

본 연구에서는, 횡단면자료를 이용한 확률프론티어모형 측정시 비효율성에 대한 분포를 가정해야 하는 한계점을 극복하기 위해 횡단면자료와 시계열자료가 결합된 패널자료를 사용하여 분석할 수 있는 확률프론티어 모형을 선정하였다.

3.4 확률프론티어모형 이용한 기존연구 고찰

1) 확률프론티어모형 측정의 기존연구

효율성 측정방법은 Farrell(1957)의 연구에서 시작되었으며, 기술적·배분적 효율성(Technical·Allocative Efficiency) 및 비효율성(Inefficiency)의 정의와 이를 측정하기 위한 분석의 틀을 제시하였다. 기술적 비효율성의 크기는 실제 생산량(실제 측정값)과 이론적 최대생산량(프론티어 생산량)과의 차이로 측정될 수 있으며, 효율성을 비용함수로부터 측정할 경우에는 기술적 효율성과 배분적 효율성을 모두 포함하여 측정할 수 있다. 이후 다양한 산업분야에 걸쳐 기업의 효율성, 비효율성을 측정하기 위한 연구가 활발하게 진행되었다. 초기에 횡단면자료(Cross-section data)를 이용하여 단년도의 효율성 평가에 그쳤지만 점차 패널자료(Panel data)를 이용하여 시계열(time series)에 따른 효율

성의 변화 분석도 시도하였다.

Aigner, Lovell, and Schmidt(1977)는 횡단면자료를 이용한 생산프론티어(Production Frontier)로 기술적 비효율을 추정하는 계량경제모형을 소개하였고, Schmidt and Lovell(1979)은 이 연구를 보다 확장시켜 기술적·배분적 비효율을 측정하였다.

Pitt and Lee(1981)는 횡단면자료를 패널자료로 확장하여 확률프론티어 모형에서 기업절편을 설정함으로써 기술적 비효율의 근원이 기업특성의 함수라는 것을 증명하였다. 즉, 설정된 기업특성을 생산함수에 추정된 기업절편과 회귀하여 파라미터를 추정하였다. Schmidt and Sickles(1984)는 효율성 측정에 있어 패널자료의 고정효과(Fixed effect)와 확률효과(Random effect)를 적용하였다. 기존 연구에서 사용된 초기의 패널자료는 시간불변(Time invariant)이라는 가정하에 적용되었지만, 장기간의 데이터를 이용한 Cornwell, Schmidt and Sickles(1990), Kumbhakar(1990)와 Battese and Coelli(1992)의 연구에서는 시간변화에 따른 효율성의 변화를 측정하였다.

Kumbhakar, Ghosh and McGuckin(1991)은 기술적 비효율의 영향이 비음의 정규분포라 가정하고, 미국 낙농가의 비효율을 측정하였다. 그 결과로서 농민의 교육수준이 낙농업의 수확규모와 밀접한 관계가 있다고 주장하였다. 이후 Reifschneider and Stevenson(1991)은 비음의 설명변수와 비음의 확률변수의 합을 포함하는 확률프론티어 생산함수 모형을 제시하여, 미국 전력생산자료를 분석하였다.

이와 같이 확률프론티어 함수를 이용한 연구는 다양한 적용을 통한 발전을 꾀하면서 효율성 분석을 위한 여러 분야의 최근 연구에서 대부분 활용되고 있다.

2) 확률프론티어모형의 국내연구

국내에서도 확률프론티어 모형을 이용한 효율성 측정에 대한 연구가 수행되

어 왔다. 초기의 연구는 은행, 병원, 보건 등 공공성을 지니고 있는 분야에 한정되어 수행되어 왔으나, 그 이후 여러 분야로 확장되어 활발한 연구가 이루어지고 있다.

Park(1997)은 한국 철강산업부분에 있어 효율성을 측정하기 위하여 프론티어 생산함수를 노동과 자본을 투입변수로 하여 그 효율성을 측정하였다. 이영범(1997)은 단년도 자료를 이용하여 공공병원을 대상으로 병원의 효율성을 분석하였으며, 병원효율성을 설명하는 변수들을 추정하였다. 이에 반해 원구환(1998)은 지방상수도사업을 대상으로 시간의 흐름에 따른 개별사업의 효율성을 측정하기 위하여 패널자료를 이용하였다. 오승은(2000)은 지역주민에게 서비스를 제공하는 지방자치단체의 지방공기업에 비효율이 존재하는가와 지방공기업의 경영형태가 조직의 효율성에 영향을 끼치는 주요변수인가를 실증적으로 검증하였다.

그 외 최재성(1995)의 미국요양원 산업의 효율성을 분석, 전영서·조병택(2000)의 한국 자동차산업 분석, 김정민·전영서(2001)의 국가경쟁력 분석, 김정우·이희경·이영훈(2001)의 연구개발투자의 OECD 국가간 파급효과 분석 등이 있다.

그러나 세계 무역량의 증가로 인하여 국가의 핵심 경쟁력으로 인식되고 있는 컨테이너터미널에 대한 효율성에 대한 국내연구로는 DEA를 적용한 연구가 일부 수행되었지만, 확률프론티어모형을 이용한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

3) 항만효율성 측정에 대한 기존연구

최근 항만간 경쟁심화와 더불어 항만의 주요 고객인 화주와 선사들은 보다 양질의 항만서비스 제공과 저렴한 항만이용료 및 화물처리비용을 부과할 것을 항만당국에 요구하고 있다. 이에 따라 항만은 국제시장에 있어서 경쟁우위를 달성·유지하기 위해 노력하고 있으며, 항만관리자 및 정책입안자들은 항만의

경쟁력을 결정하는 요인들을 정확히 이해하고 여타 경쟁항만들과 비교해 항만의 성과(Port performance)를 지속적으로 평가함으로써 적절한 항만전략을 수립·추진해 나아가고 있다(한철환, 2002). 이러한 관점에서 항만의 성과 및 효율성에 관한 기존연구들은 특정항만을 대상으로 적용·분석해 왔다.

그러나 최근 들어 항만의 효율성에 대한 새로운 접근방식을 시도하는 연구들이 등장하고 있다. 항만의 효율성을 측정하는 연구흐름은 크게 두 가지 방향으로 진행되고 있다.

첫 번째 연구방향은 Notteboom, Coeck and Van den Broeck(2000)과 Cullinane, Song and Gray(2002) 등이 수행한 연구로서 확률프론티어모형(Stochastic Frontier Model)에 기초하여 컨테이너터미널의 효율성을 측정하였다.

Notteboom, Coeck and Van den Broeck(2000)의 연구에서는 유럽항만에서 36개의 터미널에 대한 효율성을 확률프론티어모형을 이용하여 측정하고, 벤치마킹을 위해 아시아 주요 터미널을 함께 분석하였다. 이 연구에서는 개별 컨테이너터미널은 조직과 이용률에 대한 한계로 인하여 최대 효율성이 0.85를 초과하지 않는다고 주장하면서, 다음과 같은 결론을 제시하였다. 첫째, 일반적으로 유럽북부의 컨테이너터미널이 남부지역의 터미널보다 효율성이 높다. 둘째, 대형터미널의 경우 효율성이 최소한 0.75이상으로 측정되었다. 즉, 대형터미널의 효율성이 소형터미널보다 높다고 제시하면서, 소형터미널일지라도 학습효과(learning by doing)에 의해 대형항만에 위치해 있는 터미널은 효율성이 높다고 제시하였다. 셋째, 허브항만에 위치하고 있는 터미널의 효율성이 피더항만에 위치하고 있는 터미널보다 높다고 주장하였다. 넷째, 터미널의 소유형태는 효율성과 무관하다는 것을 제시하였다.

Cullinane, Song and Gray(2002)는 횡단면 자료와 패널자료를 이용하여 관리형태와 규제완화에 따른 효율성의 변화를 분석하였다. 분석결과에서는 횡단면자료보다는 패널자료를 이용한 분석에서 정책의 변화에 따른 관리형태와 규제완화에 대한 효율성의 변화가 잘 반영될 수 있다고 주장하였고, 공영에서

민영으로의 소유구조 변경은 경제적인 효율성과의 관계에서 어느 정도 상관관계를 가진다고 주장하였다.

또 다른 연구방법은 선형계획법에 근거한 자료포락분석(DEA)방법으로 동일항만의 생산성 변화 추이뿐만 아니라 상이한 항만간 생산성 비교가 가능함을 제시하였다. DEA방식을 이용한 선행연구로는 이스라엘의 20개 항만을 대상으로 항만성장에 영향을 미치는 다양한 요인들을 분석한 Hayuth and Roll(1993)의 연구가 있으며, 보다 최근 연구로는 1993~1997년 기간 동안 26개 스페인 항만에 DEA분석방법을 적용한 Martinez, Diez, Navavro and Ravelo(1999)와 오스트리아 항만과 기타 세계항만의 효율성을 측정한 Tongzon(2001)등의 연구가 있다.

특히, Tongzon(2001)은 규모에 대한 보수 불변(Constant returns to scale)을 가정하여 규모에 따른 항만의 효율성을 분석하였다. 분석결과에서 가장 효율적인 항만군으로 6개 항만이 선택되었으며, 그 중 4개 항만은 비교적 소규모 항만으로 구성된 결과를 제시하면서 항만운영의 효율성은 그 항만의 크기와 기능(허브항만 또는 피더항만)에 의해 좌우되지 않는다고 주장하였다. 또한 항만의 비효율성을 초래하는 원인으로 인력의 활용부족(under utilization)을 언급하였다.

그 외 항만효율성에 대한 연구로는 DEA/AHP를 이용하여 컨테이너터미널의 효율성을 연구한 송재영(2000)과 스페인 27개 항만의 자본비용에 대한 효율성을 추정한 Pino and Alvarez(2000) 등이 있다.

이처럼 지금까지 여러 학자들이 항만의 효율성에 대해 많은 연구를 수행해 왔음에도 불구하고 데이터의 신뢰성 부족으로 인하여 전반적인 항만의 효율성에 영향을 미치는 요인들을 계량적으로 분석하는 데는 한계가 있었다. 또한 데이터의 사용에 대한 사전적인 검증이 없었던 것도 하나의 특징이라 할 수 있다.

따라서 본 연구는 다음의 요소에 대한 보완으로서 그 의의를 가진다고 할 수 있다. 첫째, 확률프론티어모형을 적용하여 컨테이너터미널의 효율성을 추정

한 국내 연구가 거의 이루어지지 않았다. 둘째, 기존연구는 대부분 단년도 효율성 측정만에 그쳤으며, 일부 패널분석을 시행한 연구에서는 연도별 효율성 변화에 대한 구체적인 분석을 하지 못하였다. 셋째, 효율성 결정요인에 대한 추가적인 분석을 하지 못하고 단순히 효율성 측정에만 그쳤다. 넷째, 기존연구에서는 자료의 한계로 인하여 터미널 개념이 아닌 포괄적인 항만을 표본집단으로 선정하였으나, 본 연구에서는 분석대상의 선택에 있어 각 항만을 대표할 수 있으며, 신뢰성 있는 자료를 확보할 수 있었던 터미널만을 대상으로 하였다.

4. 분석모형 설계

본 장에서는 확률프론티어 모형의 실증분석에 앞서 분석에 필요한 변수 선정, 대상터미널 선정 및 자료 수집을 하였다. 또한 실증분석에 사용될 확률프론티어 모형을 설계하였다.

4.1 변수선정

계량경제학에서 효율성을 평가하기 위한 확률프론티어 생산함수 모형에서는 투입요소로서 노동과 자본을 일반적으로 사용하고 있다. 컨테이너터미널의 경우에도 노동과 자본을 투입변수로 처리량을 종속변수로 하여 효율성을 추정한 연구가 일부 수행되었다(Liu, 1995 ; Coto, Banos and Rodriguez, 2000 ; Banos, Coto and Rodriguez, 1999 ; Hayuth and Roll, 1993 ; Martinez, Diaz, Navarro and Ravelo, 1999).

그러나 분석대상 터미널이 자국의 항만으로 제한되어 있어 선진항만 또는 경쟁항만간의 효율성 수준을 비교분석하지 못했다는 한계점을 가지고 있다. 이러한 이유는 각 국의 개별 컨테이너터미널 운영자들은 터미널의 경쟁력 강화 및 내부보안 등의 사유로 정확한 터미널 현황자료와 재무자료 등을 외부에 공개하지 않는 것에 따른 자료 수집의 한계에서 기인한다. 따라서 최근에 수행된 컨테이너터미널의 효율성에 관한 기존연구에서도 이러한 자료수집의 제약성으로 인해 <표 4-1>과 같이 간접적인 투입요소들을 고려하여 효율성을 추정하였다.

<표 4-1> 기존 항만 효율성 분석의 투입·산출변수

연구자	연구방법	변수	
		투입	산출
Hayuth and Roll (1993)	DEA 분석방법	<ul style="list-style-type: none"> · 노동비 · 자본비 · 화물특성 	<ul style="list-style-type: none"> · 총물동량 · 서비스 수준 · 이용자 만족도 · 선박 기항 수
Martinez-Budria et al (1999)	DEA 분석방법	<ul style="list-style-type: none"> · 노동비 · 감가상각비 · 기타 비용 	<ul style="list-style-type: none"> · 총물동량 · 임대료에 따른 수익
Notteboom et al. (2000)	Baysian Stochastic Frontier Model	<ul style="list-style-type: none"> · 안벽길이 · 터미널 면적 · G/C의 수 	<ul style="list-style-type: none"> · 컨테이너처리량(TEU)
송재영 (2000)	DEA/AHP	<ul style="list-style-type: none"> · CY면적 · 하역장비 수 · 전산화 · 야드계획 	<ul style="list-style-type: none"> · 컨테이너처리량 · 선석 점유율
J. Tongzon (2001)	DEA	<ul style="list-style-type: none"> · 선석수 · 크레인 수 · 예인선 수 · CY면적 · 대기시간 · 인원 수 	<ul style="list-style-type: none"> · 컨테이너처리량(TEU) · 선박 작업률
K. Cullinane et al. (2002)	Stochastic Frontier Model	<ul style="list-style-type: none"> · 안벽길이 · 터미널 면적 · 하역장비 수 	<ul style="list-style-type: none"> · 컨테이너처리량(TEU)

Dowd and Leschine(1990)는 컨테이너부두의 생산성은 노동, 장비 및 토지의 효율적인 이용에 달려 있으며, 따라서 생산성은 이 세요소의 효율적 이용을 계량화함으로써 측정할 수 있다고 하였다. 또한 기존의 항만경쟁력과 관련된 연구에서도 컨테이너터미널의 경쟁력을 결정하는 요인으로 항만시설 및 장비의 보유현황, 컨테이너부두의 생산성, 가격경쟁력 및 서비스 측면 등을 주요

요인으로 들었다(한국컨테이너부두공단, 2002). 그리고 컨테이너터미널 운영에 종사하고 있는 실무전문가를 대상으로 한 조사결과에서는 하역장비, CY면적, 정보시스템, 운영인력, 안벽길이, 터미널총면적 등이 터미널의 효율성을 결정하는 중요한 요인으로 평가되었다.

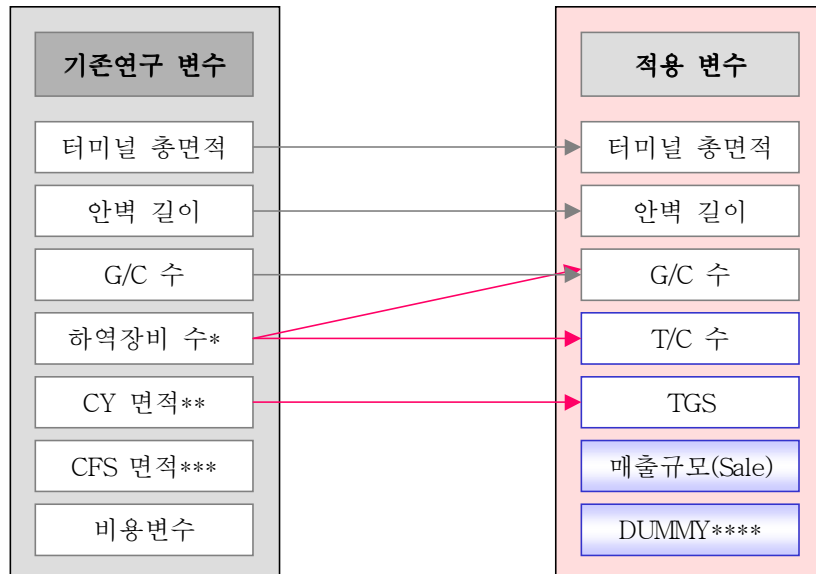
따라서 본 연구에서는 컨테이너터미널의 효율성에 영향을 미치는 요인 중 자료수집의 제약성으로 인해 직·간접방식을 통하여 사용되는 변수들을 선정하였다. 첫째, 노동을 대체하는 변수로 장비대수(K. Cullinane et al, 2002 ; Notteboom et al., 2000 ; J. Tongzon, 2001 ; 송재영, 2000)를 선정하였다. 실질적인 터미널의 운영에 있어서 장비운영과 관련된 운영인력³⁾의 비중은 55%~76%로 높은 점유율을 차지하고 있다. 대부분의 기존연구에서는 모든 하역장비를 통합하여 하나의 변수로 적용하였거나 T/C를 독립된 변수로 적용하지 않았지만, 실질적인 터미널 운영에 있어서는 안벽능력은 G/C가 좌우하며, 야드능력은 T/C가 좌우하기 때문에 본 논문에서는 보다 현실적인 효율성 측정을 위해 각각의 장비를 투입변수로 선택하여 적용하였다.

둘째, 자본요소로는 터미널총면적(Liu, 1995 ; Tongzon, 2001 ; Notteboom et al., 2000 ; K. Cullinane et al, 2002), 안벽길이(K. Cullinane et al, 2002 ; Notteboom et al., 2000), 야드면적(Tongzon, 2001 ; 송재영, 2000), CFS면적(오성동, 박노경, 2001) 등으로 표현될 수 있다. 기존 연구에서는 야드면적의 경우와 터미널 총면적을 각각 투입변수로 간주하였다. 그러나 본 연구에서는 터미널에서 실제 적용되고 있는 야드만을 기준으로 삼기 위하여 TGS(Twenty-foot ground slot)⁴⁾를 적용하였다. 이는 각 터미널마다 사용되고 있는 야드장비 및 야드운영형태에 따라 단적 수가 상이하기 때문에 정확한 야

3) 부산항 H사의 경우, 전체인원 661명 중 장비기사 504명으로 총인원대비 76%를 차지하고 있으며, Gamman의 1개 터미널의 경우 전체 인력 164명 중 장비기사가 90명(55%)으로 전체 운영인력의 절반이상을 차지하고 있다.

4) 냉동컨테이너 플러그 수를 포함한 Slot당 최대 적재가능 컨테이너 수(TEU)를 적용하였다. CY면적이 유사하더라도 개별터미널의 야드시스템의 적용방식에 따라 그 TGS 수가 다소 상이해진다. 우리나라는 4단6열 T/C를 사용하여 최대단적 수를 3.5단으로 설정하였다.

드장치 능력을 적용하기 위해서는 공통적인 최대 적치능력을 기준으로 TEU로 환산하여 적용하는 것이 바람직하다 할 수 있다.



<그림 4-1> 투입변수 설정

주 : * G/C 수와 T/C 수를 각각 고려함.

** CY면적을 TGS(냉동 플러그 수 포함)로 대체함

*** CFS면적 분석대상에서 제외함⁵⁾.

**** Dummy는 물동량 수준 및 글로벌운영업체가 터미널운영 여부임.

더미변수(Dummy Variable)와 터미널 매출규모(Sale)는 추후 결정요인 분석을 위해 선정하였다. 그 중 더미변수는 글로벌 터미널운영업체의 운영여부가 컨테이너터미널의 효율성에 미치는 영향을 평가하기 위한 변수와 일정 규모

5) Itsuro Watanabe(1999), Container Terminal Planning-A Theoretical Approach, World Cargo, p.158에서 CFS는 컨테이너터미널 주요 기능 요소중 컨테이너화물을 처리하는 부가적 즉 보조기능시설에 속한다 하였으며, 대상 터미널 현황분석과정에서 CFS를 구비하지 않은 터미널들이 존재하며, CFS운영 또한 터미널운영업체가 직접 운영하는 경우와 외주하여 운영하는 등의 사유로 본 연구에서는 투입변수로 고려하지 않았다.

이상의 물동량을 처리하는 터미널의 효율성과의 관계를 평가하기 위한 변수로 구분하였다.

또한 산출변수로는 항만에서 처리되는 물동량의 총량(R/T), 매출액, 화물형태, 기항선박 수 등 다양하게 나타날 수 있다. 특히 컨테이너터미널의 경우 총 처리량(TEU), 적공컨테이너 처리량, 매출액 중 컨테이너터미널 경쟁력과 가장 밀접하고, 대외적으로 비교분석이 용이한 총 처리량이 가장 일반화되어 있다.

따라서 본 연구에서는 컨테이너터미널의 효율성 분석을 위한 투입변수로 각 터미널의 물리적인 특성 중 공통적인 자료를 수집할 수 있는 터미널 총면적, 안벽길이, TGS, G/C수, T/C수, Dummy 변수와 터미널 매출규모를 사용하였으며, 산출변수로는 투입변수와 가장 밀접하게 관련을 가지고 있는 컨테이너 처리량을 사용하였다.

4.2 분석대상 터미널 선정 및 자료수집

1) 분석대상 터미널 선정

지금까지 컨테이너터미널의 효율성과 경쟁력을 측정하는 대부분의 기존 연구에서는 분석대상을 항만개념으로 설정하였다. 그러나 항만개념에는 일반부두 정보의 자료가 누락되었고, 장비 또한 통일성이 결여되어 정확한 비교분석 대상이라 할 수 없었다. 그동안 항만개념에서 비교되었던 총물동량에 대한 접근은 부산항의 컨테이너터미널 경쟁력을 과다추정 및 제대로 반영하지 못한 결과를 낳게 되었다.

<표 4-2>의 사례와 같이 부산항의 전체 물동량에서 1998년 66.9%, 2002년 72.1%만이 컨테이너전용부두에서 처리되었고, 나머지 30% 정도가 일반부두에서 처리되었는데, 이 물동량이 컨테이너터미널 경쟁력에 포함되었었다. 또한 <표 4-3>과 같이 홍콩항의 사례역시 대부분의 시설소요는 Kwaichung터미널

만을 대상으로 할 뿐 전체물동량이 그대로 사용되었다. 이처럼 대상터미널에 대한 자료와 자료수집에 대한 부정확성은 터미널의 효율성 및 경쟁력 평가에 있어 다소 상이한 결과를 가져올 수 있다. 따라서 본 연구에서는 개별 운영업체가 운영하는 전용터미널을 대상으로 하여 효율성 분석을 실시하였다.

<표 4-2> 부산항 실적 사례

단위 : 천TEU

구분	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년
부산항전체(A)	5,891	6,440	7,540	8,073	9,453
컨전용부두(B)	3,943	4,368	5,184	5,395	6,814
일반부두	1,948	2,072	2,356	2,678	2,639
비율(B/A)	66.9%	67.8%	68.8%	66.8%	72.1%

자료 : 한국컨테이너부두공단, 2003

<표 4-3> 홍콩항 실적 사례

단위 : 천TEU

구분	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년
Hong Kong(A)	14,582	16,211	18,098	17,826	19,144
Kwaichung(B)	9,555	10,295	11,603	11,285	11,892
Others	5,027	5,916	6,495	6,541	7,252
비율(B/A)	65.5%	63.5%	64.1%	63.3%	62.1%

자료 : Hong Kong port and maritime board(2003), Summary statistics on port traffic in summary, p.14.

국내 분석대상 컨테이너터미널은 12개 터미널로 하였다. 부산항의 자성대(HBCT), 신선대(PECT), 감천터미널(Gamcheon), 우암터미널(UTC) 및

Gamman터미널⁶⁾(허치슨(HKT), 한진해운(Hanjin), 대한통운(KEC), 세방기업(Global)) 등 8개 터미널과 Gwangyang항 1단계 터미널인 허치슨(HKT), 한진해운(Hanjin), 대한통운(KEC), 세방기업(Global) 등 4개 터미널을 설정하였다. 그리고 연도별 효율성을 분석하기 위해 2002년에 개장된 신감만부두와 광양항 2단계 터미널은 본 분석에서 제외하였다.

해외 대상 컨테이너터미널로는 중국을 비롯한 아시아권 항만을 중심으로 대상터미널을 선정하였다. 해외 터미널의 선정은 2002년 세계 컨테이너터미널 처리량 실적치 순위를 기준으로, 개별 소지역에서 대표성을 갖는 컨테이너터미널을 대상으로 하였다.

극동아시아권은 홍콩(Hong Kong) 콰이충터미널⁷⁾(Kwaichung Terminal) , 상해(Shanghai) SCT, 청도(Qingdao) QHCC, 선전(Shenzhen) YICT, 동경(Tokyo) Oi터미널 등 9개 터미널과, 동남아시아의 싱가포르(Singapore) PS A⁸⁾, 포트클랑(Port Klang) Westport, 마닐라(Manila) MICT, 램차방(Laem Chabang) LCB1, LCIT 등 5개 터미널, 남아시아 두바이(Dubai) DPA, 스리랑카 콜롬보(Colombo) Jaya 터미널, 오만 사라하(Salalah) 등 3개 터미널 그리고 아시아와 유럽을 잇는 지중해의 중심항으로 발전하고 있는 Gioia Tauro와 Algeciras, 유럽 함부르크 Eurogate 터미널을 대상으로 하였다.

전체 대상터미널은 32개 터미널이며 패널자료는 1998년 ~ 2002년간 5개년 자료를 이용하였다.

6) Gamman은 01, Gwangyang은 02로 구분하였다.

7) HIT, COSCO-HIT, MTL, CSXWT 4개 터미널을 각각 대상 터미널로 선정하였다.

8) PSA는 자료수집의 한계로 인하여 4개 터미널인 Tanjong pagar, Keppel Terminal, Brani Terminal & Pasir Panjang Terminal를 통합하였다.

<표 4-4> 분석대상 컨테이너터미널

대분류	소분류	대상터미널	합계
국내	부산	<ul style="list-style-type: none"> · 자성대(HBCT) · 신전대(PECT) · 감천터미널(Gamcheon) · 우암터미널(UTC) · Gamman(HKT01, Global01, Hanjin01, KEC01) 	12
	광양	<ul style="list-style-type: none"> · Gwangyang(HKT02, Global02, Hanjin02, KEC02) 	
해외 터미널	극동 아시아	<ul style="list-style-type: none"> · Hong Kong(HIT, COSCO-HIT, MTL, CSXWT) · Shanghai(SCT) · Qingdao(QHCC) · Shezhen(YICT_Yantian, SCTCN-Shekou) · Tokyo(Oi Container Terminal) 	9
	동남 아시아	<ul style="list-style-type: none"> · Singapore(PSA) · Port Klang(Westport) · Manila(MICT) · Laem Chabang(LCB1, LCIT) 	5
	남아시아 /중동	<ul style="list-style-type: none"> · Colombo(Jaya Container Terminal) · Dubai(DPA) · Salalah(Salalah Port Services) 	3
	유럽	<ul style="list-style-type: none"> · Hamburg(Eurogate) · Gioia Tauro(MCT) · Algeciras(Maersk Terminal) 	3

2) 분석자료 수집

분석대상 터미널의 자료수집에 있어 가장 중요한 점은 자료의 공정성 및 정확성이 필수적으로 확보되어야만 한다는 점이다.

따라서 본 논문에서는 국내 컨테이너터미널의 분석자료 수집은 각 터미널의

내부자료, 홈페이지 활용 및 한국컨테이너부두공단에서 발간한 연도별 시설현황자료를 바탕으로 하였으며, 해외 컨테이너터미널의 자료는 Containerisation International Yearbook(1999-2003)을 활용하였다. 그러나 일반적으로 세계 주요 터미널의 자료는 자료의 누락, 오류, 연도별 일치성에 대한 문제가 발생되기 때문에 본 논문에서는 대상 터미널의 홈페이지 및 이메일 등을 통해 수집된 자료를 수정·보완하여 최대한 정확성이 보장된 자료를 사용하였다. 대상기간으로는 1998년부터 2002년까지 5개년의 패널자료를 사용하였다⁹⁾.

분석대상 자료는 32개 터미널의 5개년 자료 총 150개이며, 기본적인 통계량은 <표 4-5>와 같다. 전체 물동량 평균은 1,855천TEU이며, 평균 안벽길이는 1,555m이다. 그리고 평균 장비대수는 G/C 14, T/C 44개로 나타났다.

<표 4-5> 분석대상 터미널의 기본 통계량

변수	평균값	표준편차	최소값	최대값
물동량(TEU)	1,855,110	2,904,700	107,968	1,7040,000
안벽길이(m)	1,555.4	1,730.2	300	9,621
터미널면적(m ²)	658,005	665,688	105,000	3,390,000
TGS	43,101.3	48,252.2	6,568	263,176
안벽크레인 개수(개)	14.4	20.9	2	118
야드크레인 개수(개)	43.6	64.9	4	375

Singapore는 4개 터미널의 자료가 통합되어 전체적인 기초통계량에서 최대값을 기록하였다. 반면에 우리나라의 개별 컨테이너터미널은 터미널 규모가 평균값에 못미치는 수준에 있다.

9) 부산항 Gamman, Gwangyang 및 Salalah항은 1998년 개장하여 본격적인 운영이 시작된 1999년부터 자료를 수집하였다.

4.3 실증분석 모형 설계

본 연구에서는 확률프론티어 생산함수를 통해 컨테이너터미널의 효율성을 측정하여 컨테이너터미널의 효율성 변화추이를 살펴보고, 이를 분석하여 향후 터미널의 효율성 향상을 위한 정책적 시사점을 도출하는 것을 그 내용으로 한다.

수집된 자료의 분석 및 확률프론티어 생산함수 모형의 설정과 효율성 측정을 위하여 계량경제 전용 소프트웨어인 LIMDEP 7.0을 이용하였다.

LIMDEP에서 사용되는 확률프론티어 생산함수 모형은 다음의 <식 4-1>과 같다.

$$y_{it} = X_{it}\beta + v_{it} - u_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T \quad \text{<식 4-1>}$$

y_{it} = t 기간동안 i 번째 기업의 산출

X_{it} = t 기간동안 i 번째 기업의 요소투입량

β = 생산함수의 계수 행렬

v_i = 정규분포 $N(0, \sigma_v^2)$ 를 가지며 u_i 와 독립적인 확률변수

u_i = 비효율성을 설명하며 정규분포 $N^+(0, \sigma_u^2)$ 를 따르는 비음의 확률변수

이 모형에서 u_i 가 가지고 있는 의미는 최대생산량 $X_{it}\beta + v_i$ 로부터의 생산량 y_{it} 의 손실을 나타내며, 이것은 개별기업 i 에 있어 다양한 비효율성을 의미하는 것이다. 만약 $u_i = 0$ 이라면 <식 4-1>은 일반적인 회귀분석에 사용되는 생산함수와 같다.

본 연구에서는 Cobb-Douglas 프론티어생산함수에 패널자료를 이용하여 효율성을 추정하였다. 패널자료는 기술적 비효율성을 측정함에 있어 관찰치가

반복되어 사용되기 때문에 특정한 분포를 가정하지 않아도 되며, 반복되는 관측자료로 인하여 회귀자(Regressor)에 대하여 독립이라는 가정을 하지 않아도 된다. 또한, 횡단면 자료에서는 얻을 수 없는 여러 가지 유용한 정보를 획득할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

이러한 패널자료를 이용한 효율성의 추정식은 다음의 <식 4-2>와 같이 표현할 수 있다.

$$TEU_{it} = e^{v_{it}} e^{-u_{it}} \alpha A_{it}^{\beta_A} B_{it}^{\beta_B} G_{it}^{\beta_G} C_{it}^{\beta_C} T_{it}^{\beta_T}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T \quad \text{<식 4-2>}$$

TEU = 컨테이너처리량

A = 투입된 터미널 총면적

B = 투입된 안벽길이

G = 투입된 TGS 수

C = 투입된 G/C 수

T = 투입된 T/C 수

i = 컨테이너터미널

t = 시간(연도)

α = 상수

비효율성을 나타내는 $u_{it} \sim N(u_{it}, \sigma_u^2)$ 의 분포를 따르고, 확률적 오차를 나타내는 $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ 의 분포를 따른다. $e^{v_{it}}$ 는 $(0, \infty)$ 의 값을 가지며, $e^{-u_{it}}$ 는 $(0, 1)$ 의 값을 가진다. 만약 $u_i = 0$ 이라면, $e^{-u_i} = 1$ 이며, 이것은 생산이 완전히 효율적이라는 것을 의미한다. 즉, 효율성 지표인 $e^{-u_i} = 0.8$ 이라면 컨테이너 터미널의 실제 산출은 최대가능생산량의 80%를 달성하고 있으며, 20%는 비효율성으로 인한 손실이 발생하고 있음을 의미하는 것이다. 따라서 e^{-u_i} 는 효율

성 지표로 u_i 는 비효율성 지표로 간주할 수 있다.

여기에서 비효율성 u_{it} 가 시간에 따라 변하지 않는다(Time-invariant)고 가정하면, u_{it} 대신 u_i 로 표현할 수 있다. 본 논문에서는 패널(Panel)분석을 통해 검증하기로 한다.

<식 4-2>에 자연대수를 취하면 <식 4-3>과 같은 실제 추정식을 구할 수 있다.

$$\ln TEU_{it} = \alpha + \beta_A \ln A_{it} + \beta_B \ln B_{it} + \beta_G \ln G_{it} + \beta_C \ln C_{it} + \beta_T \ln T_{it} + v_{it} - u_{it} \quad \langle \text{식 4-3} \rangle$$

횡단면 자료의 경우 오차항 u 와 v 의 밀도함수는 다음의 <식 4-4>와 <식 4-5>와 같이 나타낼 수 있다. 이것은 패널데이터를 시간의 흐름 v_T 을 추가하여 확장할 수 있다.

$$f(u) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \cdot \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right\} \quad \langle \text{식 4-4} \rangle$$

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \cdot \exp\left\{-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad \langle \text{식 4-5} \rangle$$

Pitt and Lee(1981)는 패널데이터를 이용하여 <식 4-5>의 $f(v)$ 를 $f(\mathbb{V})$ 로 가정하여 추정하였다.

$$f(\mathbb{V}) = \frac{1}{(2\pi)^{T/2}\sigma_v^T} \cdot \exp\left\{-\frac{-\mathbb{V}'\mathbb{V}}{2\sigma_v^2}\right\} \quad \langle \text{식 4-6} \rangle$$

여기서, $\mathbb{V} = (v_1, \dots, v_T)'$.

u 와 v 가 독립적이라고 가정하면, u 와 v 의 결합밀도함수(joint density

function)는 개별 밀도함수의 <식 4-4>와 <식 4-5>의 곱과 <식 4-4>와 <식 4-6>의 곱이 된다.

$$f(u, v) = \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \cdot \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad \text{<식 4-7>}$$

$$f(u, \mathbb{V}) = \frac{2}{(2\pi)^{(T+1)/2}\sigma_u\sigma_v^T} \cdot \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{\mathbb{V}\mathbb{V}}{2\sigma_v^2}\right\} \quad \text{<식 4-8>}$$

여기서 $\epsilon_i = v - u$ 를 <식 4-7>에 적용하면, u 와 ϵ 의 결합밀도함수는 <식 4-9>, <식 4-10>과 같다.

$$f(u, \epsilon) = \frac{2}{2\pi\sigma_u\sigma_v} \cdot \exp\left\{-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\epsilon + u)^2}{2\sigma_v^2}\right\} \quad \text{<식 4-9>}$$

$$f(\epsilon) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left(1 - \Phi\left(\frac{\epsilon\lambda}{\sigma}\right)\right) \cdot \exp\left\{-\frac{\epsilon^2}{2\sigma^2}\right\} = \frac{2}{\sigma} \cdot \phi\left(\frac{\epsilon}{\sigma}\right) \cdot \Phi\left(-\frac{\epsilon\lambda}{\sigma}\right) \quad \text{<식 4-10>}$$

여기서, $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\lambda = \sigma_u/\sigma_v$

또한, 패널데이터의 경우 $\epsilon_i = (v_1 - u, \dots, v_T - u)$ 를 <식 4-8>에 적용하면, u 와 ϵ 의 결합밀도함수는 <식 4-11>, <식 4-12>와 같다.

$$f(u, \epsilon) = \frac{2}{2\pi^{(T+1)/2}\sigma_v^T} \cdot \exp\left\{-\frac{(u - \mu_*)^2}{2\sigma_*^2} - \frac{\epsilon\epsilon'}{2\sigma_v^2} + \frac{\mu_*^2}{2\sigma_*^2}\right\} \quad \text{<식 4-11>}$$

$$f(\epsilon) = \frac{2(1 - \Phi(-\mu_*/\sigma_*))}{(2\pi)^{T/2}\sigma_v^{T-1}(\sigma_v^2 + T\sigma_*^2)^{1/2}} \cdot \exp\left\{-\frac{\epsilon\epsilon'}{2\sigma_v^2} + \frac{\mu_*^2}{2\sigma_*^2}\right\} \quad \text{<식 4-12>}$$

<식 4-10>에서 $\phi(\cdot)$ 와 $\Phi(\cdot)$ 는 표준정규분포의 확률밀도함수(pdf)와 누적밀도함수(cdf)이다. 그러므로 로그우도함수는 <식 4-13>과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln L = \ln 2 + \ln\left(\frac{1}{\sigma}\right) + \ln\phi\left(\frac{\epsilon_i}{\sigma}\right) + \ln\Phi\left(\frac{-\epsilon\lambda}{\sigma}\right) \quad \text{<식 4-13>}$$

여기에서 생산함수내의 오차항(ϵ_i)은 <식 4-13>의 최대우도추정에 의해 계산될 수 있다.

Battese and Coelli(1988)는 횡단면 자료에서 조건부 기대값을 이용하여 비효율성을 추정하는 Jondrow et al.(1982)의 방법을 패널자료에서의 효율성을 측정하기 위한 방법으로 주어진 ϵ_{it} 로부터 비효율성 지표인 u_i 와 효율성 지표인 e^{-u_i} 의 조건부 기대값을 다음의 <식 4-14>와 같이 일반화하였다.

$$E(u_i | \epsilon_i) = \mu_i^* + \sigma_* \left[\frac{\phi(-\mu_i^*/\sigma_*)}{1 - \Phi(-\mu_i^*/\sigma_*)} \right] \quad \text{<식 4-14>}$$

여기서, 횡단면 자료의 경우, $\mu_i^* = -\epsilon_i \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$, $\sigma_*^2 = \frac{\sigma_u^2 \sigma_v^2}{\sigma^2}$

패널데이터의 경우, $\sigma_*^2 = \frac{\sigma_u^2 \sigma_v^2}{\sigma_v^2 + T\sigma_u^2}$, $\mu_* = -\frac{T\sigma_u^2 \bar{\epsilon}}{T\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$, $\bar{\epsilon}_i = \frac{1}{T} \sum_t \epsilon_{it}$

따라서 <식 4-14>을 통하여 확률프론티어함수로부터 투입과 산출에 관련된 기업의 비효율성을 측정할 수 있다.

개별 터미널 i 의 평균효율성(TE_i)은 다음의 <식 4-15>와 같이 최대생산가능량($u_i = 0$)에 대한 실제 생산량의 비율로 정의될 수 있다.

$$\begin{aligned}
TE_i &= \frac{E(TEU_{it} \mid u_{it}, A_{it}, B_{it}, G_{it}, C_{it}, T_{it}, t = 1, 2, \dots)}{E(TEU_{it} \mid u_{it} = 0, A_{it}, B_{it}, G_{it}, C_{it}, T_{it}, t = 1, 2, \dots)} = e^{-u_i} \\
&= \frac{e^{-u_i} \alpha A_{it}^{\beta_A} B_{it}^{\beta_B} G_{it}^{\beta_G} C_{it}^{\beta_C} T_{it}^{\beta_T}}{\alpha A_{it}^{\beta_A} B_{it}^{\beta_B} G_{it}^{\beta_G} C_{it}^{\beta_C} T_{it}^{\beta_T}}
\end{aligned}$$

<식 4-15>

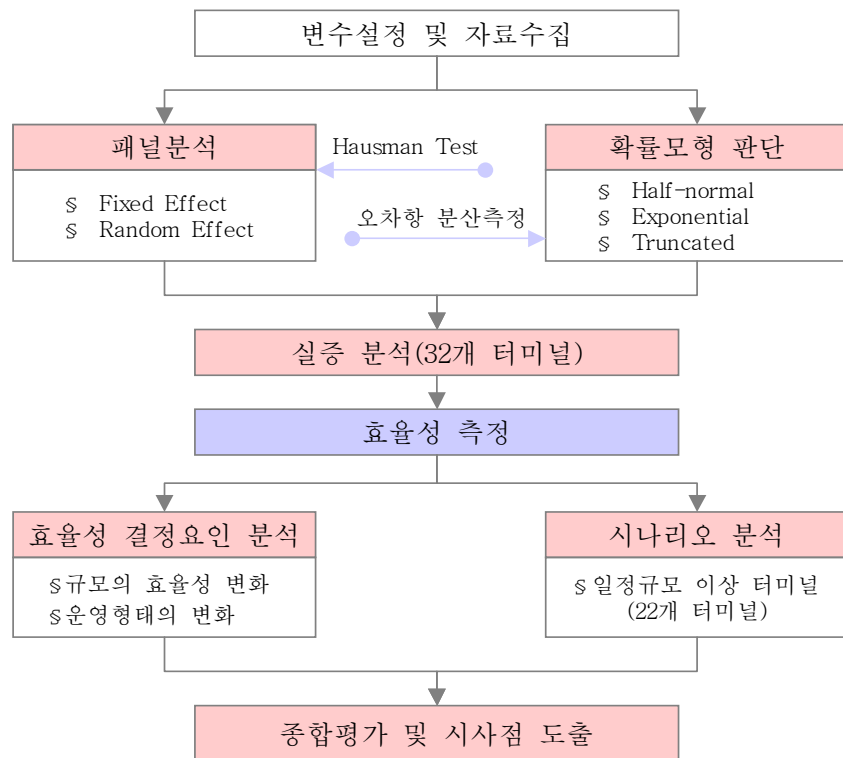
개별 터미널의 효율성은 다음의 <식 4-16>과 같이 구할 수 있다.

$$TE_i = (e^{-u_i} \mid \epsilon_i) = \left\{ \frac{1 - \Phi \left[\sigma_* \left(-\frac{u_i^*}{\sigma_*} \right) \right]}{1 - \Phi \left(-\frac{u_i^*}{\sigma_*} \right)} \right\} \cdot \exp \left(-\mu_i^* + \frac{1}{2} \sigma_*^2 \right)$$

<식 4-16>

5. 실증분석

본 장에서는 앞장에서 설정된 확률프론티어모형에 대한 실증분석과 그 결과 값을 통해 우리나라 터미널에 대한 운영방향을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다. 첫째, 수집된 연도별 자료의 패널분석을 통하여 본 연구에 적용 가능한 적절한 모형을 선택한다. 둘째, 선택된 모형을 기초로 하여 확률프론티어모형의 계수를 추정한다. 셋째, 추정된 계수를 적용하여 개별 터미널의 연도별 효율성을 측정한다. 넷째, 측정된 효율성에 대하여 터미널 규모와 운영형태에 따른 효율성 결정요인을 분석한다. 마지막으로 터미널 대형화에 대한 시나리오 분석을 통하여 우리나라 항만에 대한 시사점을 도출한다.



<그림 5-1> 실증분석 흐름도

5.1 패널분석

본 연구에서 대상으로 삼고 있는 컨테이너터미널의 경우 투입요소인 관련 시설·장비, 면적 등에 대하여 산출요소인 컨테이너처리량이 연도별로 변하는 형태이므로 횡단면 자료만을 사용하는 것보다 패널 자료를 사용하여 분석하는 것이 보다 정확한 측정이 될 수 있다. 패널분석은 패널자료에 비효율이 존재한다는 것을 검증하여 확률프론티어 생산함수를 통해 변수간의 분포를 설정하는 과정이다. 즉, 효율성 추정에 사용되는 패널자료가 내포하고 있는 비효율의 특성을 파악하여 그 특성에 부합하는 모형을 적용하는 것이다.

패널분석기법은 고정효과모형(Fixed Effect Model : FEM)과 확률효과모형(Random Effect Model : REM)으로 나눌 수 있는데, FEM은 β_i 즉, 개별효과를 일종의 상수항으로 처리하는 반면에 REM은 개별효과를 오차항의 일부로 처리하는 차이가 있다. 이러한 두 가지 모형 중 어떤 모형으로 효율성을 추정하는 것이 타당한지의 여부를 결정하는 방법에는 자료의 속성을 기준으로 하는 방법과 Hausman Test를 통해 선택하는 방법이 있다. 그러나 자료의 속성을 기준으로 선택하는 경우에는 연구자의 주관적인 측면이 강하게 포함되기 때문에 통계적으로 검증되지 않는다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 통계적인 검증이 가능하며, 일반적으로 많이 사용되고 있는 Hausman Test를 이용하여 패널분석을 수행하였다.

Hausman Test에서는 REM이 더 좋다는 귀무가설하에서 Hausman 검증통계량 $p \leq 0.1$ 이면 귀무가설을 기각하고 FEM으로 추정하는 것이 타당하며, Hausman 검증통계량 $p > 0.1$ 이면 귀무가설을 채택하여 REM으로 추정하는 것이 타당하다고 할 수 있다(박경서, 김창호, 2002).

이와 같은 기준으로 <표 5-1>의 분석을 검증해 본 결과 Hausman 검증통계량 $p = 0.0076 < 0.1$ 인 것으로 나타나 귀무가설이 기각되어 FEM으로 추정하

는 것이 타당한 것으로 나타났다. 즉, 본 연구에서 사용되는 패널자료의 경우 고정효과의 특성을 내포하고 있는 것으로 나타나 효율성을 추정함에 있어 고정효과모형(FEM)을 적용하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다.

<표 5-1> FEM과 REM의 검정 결과

구분	분석값	P-value
FEM에 대한 F 검정 ($H_0 : \alpha_1 = 0$)	$H_{(5,113)} = 13.69$	0.0000
FEM vs. REM에 대한 Hausman 검정	$\chi^2 = 15.75$	0.0076

5.2 확률프론티어 생산함수 추정

수집된 자료의 패널분석을 통하여 고정효과모형과 확률효과모형에 대한 검증을 실시한 결과 고정효과모형이 적합하다는 결과를 도출하였다. 이러한 고정효과모형을 이용하여 투입변수에 대한 확률프론티어 생산함수를 추정한 결과는 다음의 <표 5-2>에 나타나 있다.

추정결과에 따르면, 최소자승법(OLS)으로 추정한 Cobb-Douglas 생산함수의 적합도는 $R^2 = 0.927$ 으로 나타나 적합성이 양호한 것으로 나타났다. 최우추정법(MLE)에서는 비효율 u 의 분포에 상관없이 추정변수 다섯 개 중 Ln(Area)를 제외한 모든 변수들이 5% 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

다음으로 컨테이너터미널의 효율성을 측정함에 있어 확률프론티어모형을 사용하는 것이 더 바람직한지의 여부를 검증하기 위해 확률프론티어모형에서 사용되는 비효율 오차항 분포인 반정규(Half-Normal)분포, 지수(Exponential)분포, 절단된 정규(Truncated-Normal)분포 등의 3가지 형태에 대해서 계산된 두개

오차항의 분산(σ_u^2, σ_v^2)을 살펴보았다. 효율성을 계측하기 위해서 확률프론티어 모형을 사용하는 것이 바람직한지의 여부는 두개 오차항에 대한 분산이 $\sigma_u^2/\sigma_v^2 > 1$ 일 때, 비효율성 오차가 통계적 오차를 압도하여 확률프론티어모형으로 추정하는 것이 더 바람직하다고 할 수 있다.

<표 5-2> 확률프론티어 생산함수 추정결과

변수	OLS	MLE		
		half-normal	Exponential	Truncated
상수	13.560 (19.724)*	12.841 (16.031)*	13.796 (17.875)*	13.243 (16.268)*
Ln(Berth)	-0.593 (-4.118)*	-0.503 (-2.683)*	-0.583 (-3.139)*	-0.456 (-2.505)**
Ln(Area)	-0.564 (-0.509)	-0.101 (-0.701)	-0.134 (-0.967)	-0.174 (-1.212)
Ln(TGS)	0.129 (1.195)	0.282 (3.204)*	0.239 (2.592)*	0.299 (3.235)*
Ln(G/C)	0.855 (6.402)*	0.734 (5.119)*	0.888 (6.076)*	0.739 (5.097)*
Ln(T/C)	0.611 (6.448)*	0.522 (5.933)*	0.525 (5.445)*	0.525 (5.919)*
θ			4.696(4.755)*	
σ_u^2, σ_v^2		0.191, 0.016	0.045, 0.040	0.205, 0.024
μ/σ_u				0.339(0.193)
$\lambda = \sigma_u/\sigma_v$		3.409(3.256)*		
R^2	0.9266			
Log-likelihood		-21.3940	-22.2055	-21.7254

주 : 1) ()은 t 값을 의미함.

2) * : $p < 0.01$, ** : $p < 0.05$ 에서 유의수준임.

<표 5-2>와 같이 Half-Normal 분포의 경우 $\sigma_u^2 = 0.191, \sigma_v^2 = 0.016$ 으로 산정되어, $\lambda = \sigma_u^2/\sigma_v^2 = 11.62 > 1$ 로 나타났으며, 지수분포의 경우에는 $\sigma_u^2 = 0.045, \sigma_v^2 = 0.040$ 으로 $\lambda = \sigma_u^2/\sigma_v^2 = 1.13 > 1$ 인 것으로 나타났다. Truncated 분포에서

도 $\lambda = \sigma_u^2/\sigma_v^2 = 8.54 > 1$ 로 나타나, 모든 오차항 분포에 있어 확률프론티어모형을 이용하여 개별 컨테이너터미널의 효율성 분석하는 것이 더 바람직한 것으로 분석되었다.

분석결과를 투입변수별로 살펴보면 Ln(C/C)가 0.734로 컨테이너터미널의 효율성에 가장 많은 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었으며, 다음으로 Ln(T/C)가 0.522로 나타났다. 그러나 고정시설인 Ln(Berth), Ln(Area), Ln(TGS) 등의 경우에는 음(-)의 값을 가지는 것으로 측정되어 컨테이너터미널의 효율성에 많은 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

그러나 터미널충면적인 Ln(Area)의 경우 모든 오차항 분포에서 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타나, 본 연구에서는 Ln(Area)를 제거한 후 다시 추정하는 Step-wise 방식을 사용하여 최종모형을 확정하였다. 유의미한 투입변수들만을 독립변수로 사용한 모형은 <식 5-1>과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln TEU_{it} = \alpha_i + \beta_B \ln B_{it} + \beta_G \ln G_{it} + \beta_C \ln C_{it} + \beta_T \ln T_{it} + v_{it} - u_{it} \quad \text{<식 5-1>}$$

여기서, $i = 1, \dots, 32$. $t = 1998, \dots, 2003$

<표 5-3>에 요약한 두개의 오차항에 대한 분산을 살펴보면, Half-Normal 분포에서는 $\sigma_u^2 = 0.1988$, $\sigma_v^2 = 0.0149$ 로 추정되어 $\lambda = \sigma_u^2/\sigma_v^2 = 13.39 > 1$ 로 나타나 비효율성 오차가 통계적 오차를 압도하여 확률프론티어모형이 OLS보다 더 바람직한 접근방식인 것으로 나타났다. 그러나 지수분포의 경우 $\lambda = \sigma_u^2/\sigma_v^2 = 0.87 < 1$ 으로 통계적 측정오차가 비효율성 오차를 압도하는 것으로 나타나 확률프론티어모형을 이용하여 개별 터미널의 비효율성을 측정하는 것이 바람직하지 않다고 볼 수 있다. 그러나 Truncated 분포에서는 μ/σ_u 의 t값이 -0.161로 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나 본 연구에서 사용하기에 부적절한 것으로 판단된다.

투입변수별 추정결과를 살펴보면, Ln(G/C)가 0.745로 컨테이너터미널의 효

율성에 가장 강한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났으며, 다음으로 Ln(T/C)가 0.527, Ln(TGS)가 0.227의 순으로 추정되었다. 그러나 Ln(Berth)는 음(-)의 계수값을 가지는 것으로 나타났다.

또한 콥-더글라스 생산함수는 규모에 대한 수익의 정보를 제공한다. 즉 규모에 대한 수익>Returns to scale)이란 투입요소들의 비례적 변화에 대한 산출량의 반응을 보여준다. 계수합 = 1일 때, 규모에 대한 수익불변을 의미하며, 합이 1보다 클 경우에는 규모에 대한 수익체증이 발생하며, 1보다 작을 경우에는 규모에 대한 수익체감이 발생한다(Gujarati, 1995). <표 5-3>의 계수 합은 0.938이므로 규모에 대한 수익체감이 발생한다. 이것은 투입요소들을 2배로 증가시켜도 산출량은 2배보다 적게 증가하게 된다는 것이다.

<표 5-3> 확률프론티어 생산함수 추정결과(Step-wise)

변수	MLE		
	Half-Normal	Exponential	Truncated
상수	12.459 (18.774)*	13.490 (19.758)*	12.920 (18.428)*
Ln(Berth)	-0.561 (-4.959)*	-0.656 (-5.424)*	-0.596 (-4.984)*
Ln(TGS)	0.227 (3.318)*	0.132 (1.830)***	0.187 (2.490)*
Ln(G/C)	0.745 (5.481)*	0.907 (6.347)*	0.811 (5.508)*
Ln(T/C)	0.527 (5.819)*	0.558 (5.452)*	0.538 (5.433)*
θ		5.056(4.316)*	
σ_u^2, σ_v^2	0.1988, 0.0149	0.0391, 0.0452	0.1492, 0.0224
μ/σ_u			-0.1945(-0.161)
$\lambda = \sigma_u/\sigma_v$	3.651(3.083)*		
R^2	0.9265		
Log-likelihood	-21.8092	-22.9818	-22.0894

주 : 1) ()은 t 값을 의미함.

2) *p<0.01, ** p<0.05, *** p<0.1 유의수준임.

5.3 실증분석 결과

1) 효율성 평가

상기 추정된 확률프론티어 생산함수를 이용하여 개별 터미널에 대한 연도별 효율성은 <표 5-4>와 같이 분석되었다.

분석결과 연도별 효율성이 가장 높은 터미널은 1998년 Dubai가 0.862, 1999년 Gioia Tauro가 0.868, 2000년 Gamman Hanjin이 0.897, 2001년 Gwangyang KEC가 0.924, 2002년 YICT가 0.914로 추정되었다. 한편 효율성이 가장 낮은 터미널은 Eurogate, Tokyo, Colombo, MICT, SCTCN 등으로 나타났다. 특히 중국항만의 경우 급격한 경제성장에 따른 컨테이너 물동량의 증가로 Shenzhen YICT, Shanghai SCT, Qingdao QHCC, 등의 효율성이 지속적으로 증가하였다.

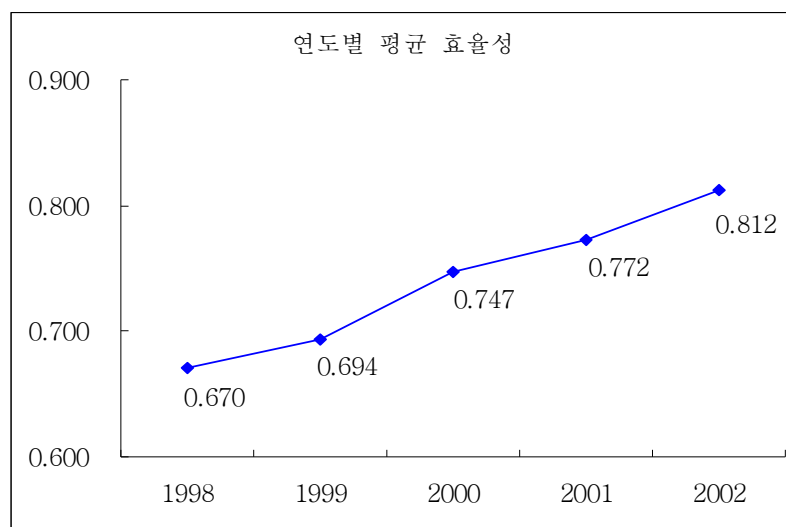
Singapore, Hongkong, Dubai 등의 터미널은 효율성 수준이 0.8 ~ 0.85로 일정하게 분포되어 있다. 이것은 서비스율을 감안하여 터미널 성숙화가 어느 정도 이루어졌다는 것을 의미한다.

국내 컨테이너터미널의 경우에는 1998년 HBCT가 0.730, PECT가 0.702로 중위권에 포함되었으며, 2002년에는 각각 0.844, 0.802로 다소 효율성이 향상되었다. 특히 Gamman의 효율성 향상이 두드러져 4개 개별터미널 모두 상위권의 효율성을 나타내고 있다. 그러나 Gwangyang의 경우 Hanjin과 KEC 터미널을 제외한 Gwangyang HKT, Global 터미널은 여전히 하위권에 포함되어 있다.

<표 5-4> 효율성 결과

구분	2002		2001		2000		1999		1998	
	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위
YICT	0.914	1	0.913	2	0.870	6	0.767	15	0.508	19
Hanjin02	0.905	2	0.860	6	0.666	25	0.545	26	-	-
Gioia Tauro	0.892	3	0.854	7	0.870	5	0.868	1	0.808	5
SCT	0.888	4	0.837	12	0.871	4	0.836	3	0.733	9
KEC02	0.888	5	0.924	1	0.874	2	0.741	17	-	-
QHCC	0.886	6	0.883	5	0.847	9	0.714	18	0.491	20
Hanjin01	0.878	7	0.893	4	0.897	1	0.827	7	-	-
KEC01	0.871	8	0.899	3	0.872	3	0.772	14	-	-
Global01	0.870	9	0.796	18	0.839	11	0.580	25	-	-
LCIT	0.869	10	0.759	21	0.775	19	0.600	24	0.467	21
Kamcheon	0.865	11	0.818	13	0.772	20	0.820	8	0.735	8
LCB1	0.861	12	0.845	8	0.823	15	0.810	10	0.682	14
Dubai	0.857	13	0.807	15	0.834	13	0.865	2	0.862	1
CoscoHIT	0.850	14	0.818	14	0.832	14	0.802	12	0.784	6
HKT01	0.849	15	0.842	11	0.840	10	0.827	6	-	-
MTL	0.844	16	0.844	9	0.835	12	0.808	11	0.782	7
HIT	0.848	17	0.842	10	0.857	7	0.832	5	0.810	4
HBCT	0.844	18	0.726	24	0.781	18	0.611	23	0.730	10
Singapore	0.843	19	0.834	13	0.857	8	0.834	4	0.827	2
UTC	0.836	20	0.794	19	0.596	27	0.679	21	0.533	18
CSX WT	0.816	21	0.809	16	0.819	16	0.813	9	0.811	3
Algeciras	0.803	22	0.789	20	0.812	17	0.775	13	0.718	11
Port Klang	0.802	23	0.621	27	0.609	26	0.471	28	0.462	22
PECT	0.802	24	0.738	23	0.723	22	0.681	20	0.702	12
Salalah	0.781	25	0.758	22	0.677	24	0.390	32	-	-
MICT	0.775	26	0.722	25	0.732	21	0.681	19	0.578	17
Colombo	0.749	27	0.720	26	0.689	23	0.759	16	0.696	13
Global02	0.673	28	0.593	28	0.506	29	0.458	29	-	-
SCTCN	0.635	29	0.529	31	0.498	30	0.436	31	0.624	15
Tokyo	0.624	30	0.584	29	0.530	28	0.499	27	-	-
Eurogate	0.598	31	0.537	30	0.452	31	0.654	22	0.604	16
HKT02	0.554	32	0.527	32	0.446	32	0.446	30	-	-

연도별 평균효율성을 살펴보면, <그림 5-2>와 같이 1998년의 경우에 0.670이며, 1999년 0.694, 2000년 0.747, 2001년 0.772, 2002년 0.812로 매년 효율성 평균값이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 컨테이너터미널의 경우 부두개장과 동시에 투입요소인 기반시설과 장비가 갖추어져 산출요소인 물동량의 증가가 효율성의 증가로 이어지고 있기 때문이다.



<그림 5-2> 실증분석의 연도별 평균효율성 변화

<그림 5-3>은 효율성과 산출물에 대한 관계 기준을 나타낸 것이다. 효율성은 높다, 낮다라는 정확한 기준을 설정하기 어렵기 때문에 본 연구에서는 평균값을 도입하여 개별 터미널간의 비교분석을 실시하였다.

Cluster 1은 효율성과 물동량이 평균값 이상을 나타낸 터미널로서 대상 터미널중에서 최고의 성과를 나타내고 있는 그룹이며, Cluster 2는 효율성은 평균이상이나 물동량이 평균이하인 그룹, 그리고 Cluster 3은 효율성과 물동량이 평균을 하회하는 성과가 낮은 그룹이다.

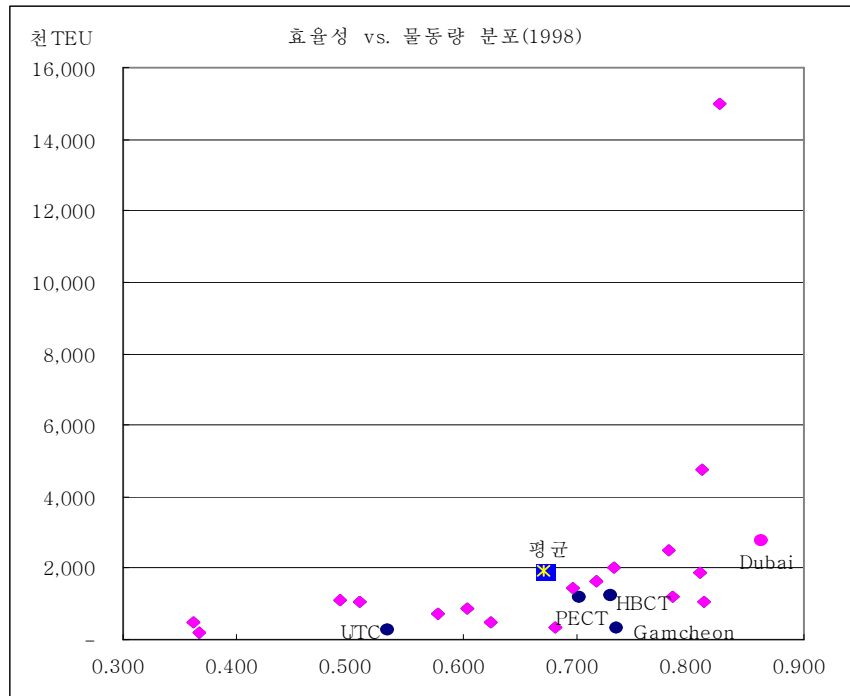
고 ↑ 물동량 ↓ 저	Cluster 4 투입요소에 대한 역량을 제대로 발휘하지 못한 그룹	Cluster 1 비교대상 터미널중에서 최고의 성과를 나타내는 그룹
	Cluster 3 성과가 가장 낮은 그룹	Cluster 2 효율적으로 관리되나 총처리량이 낮은 그룹
	저 ←----- 효율성 -----> 고	

<그림 5-3> 효율성과 물동량의 관계 매트릭스

<그림 5-4>에서 1998년 효율성과 물동량이 평균이상인 Cluster 1에는 Dubai, Singapore, HIT, SCT, MTL 등이 포함되었으며, 우리나라의 Gamcheon, HBCT 및 PECT 등은 효율성은 높으나 물동량이 평균 물동량을 하회하는 Cluster 2에 포함되어 있다. 효율성이 낮은 Cluster 3에는 Port Klang, LCIT, QHCC, YICT, MICT, Eurogate와 우리나라 UTC 등이 포함되어 있다.

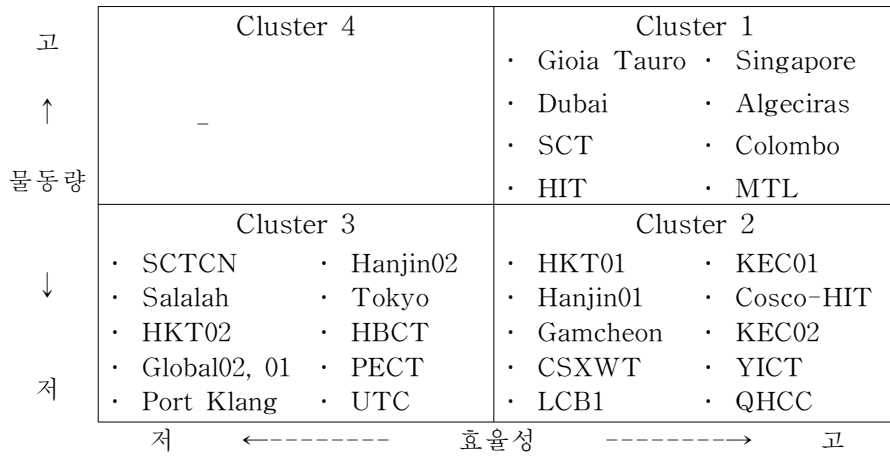
고 ↑ 물동량 ↓ 저	Cluster 4 -	Cluster 1 · Dubai · Singapore · HIT · SCT · MTL
	Cluster 3 · Port Klang · UTC · LCIT · MICT · QHCC · Eurogate · YICT · SCTCN	Cluster 2 · CSXWT · HBCT · Gioia Tauro · PECT · Cosco-HIT · Algeciras · Gamcheon · Colombo
	저 ←----- 효율성 -----> 고	

<그림 5-4> 효율성과 물동량의 관계(1998)



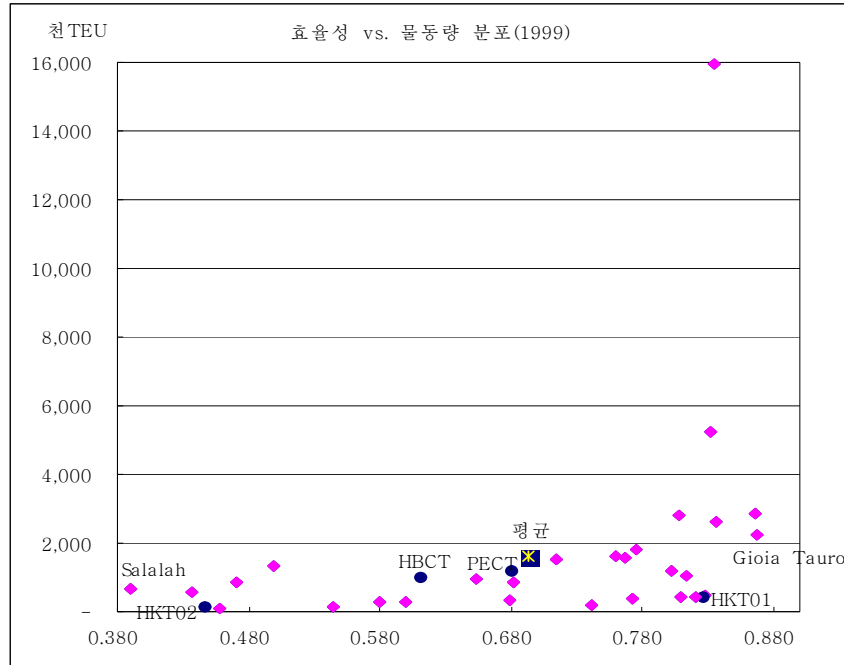
<그림 5-5> 효율성 vs 물동량 분포(1998)

1999년의 효율성과 물동량의 관계매트릭스에서 Gioia Tauro, Dubai, SCT, HIT, MTL, Singapore, Algeciras 등이 Cluster 1에 포함되어 있다. 우리나라 터미널의 경우 Gamman HKT, Hanjin 및 KEC, Gamcheon 등이 효율성이 높은 Cluster 2에 나타나고 있으며, PECT, HBCT, UTC 및 Gwangyang 터미널은 효율성과 물동량이 낮은 Cluster 3에 포함되어 있다. 이것은 1999년 IMF구제금융사태로 음(-)의 경제성장을 기록하여 컨테이너물동량이 소폭 증가에 그친 것에 기인하며, Gwangyang은 신설항만으로서 유치 물동량이 작음에 그 원인이 있다고 판단된다.



<그림 5-6> 효율성과 물동량의 관계(1999)

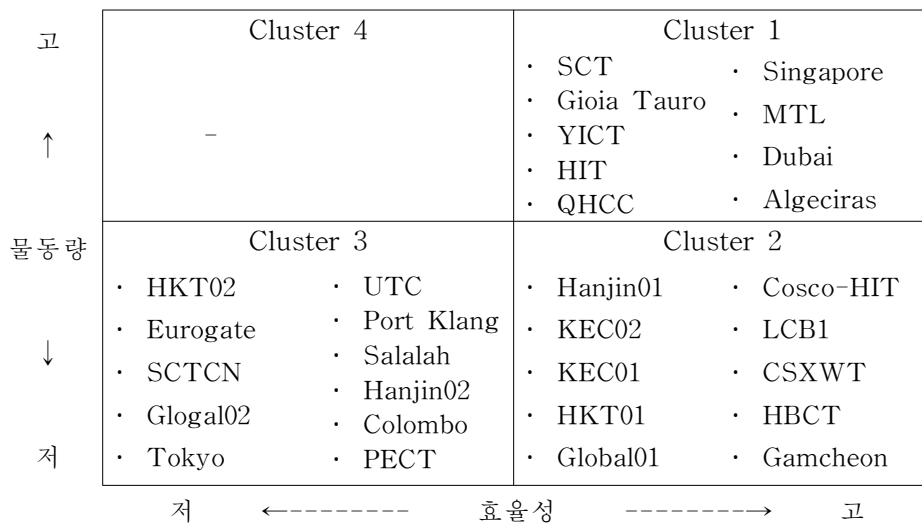
<그림 5-7>은 1999년의 효율성과 물동량에 대한 분포를 나타낸 것이다. 전체적으로 효율성 평균값을 기준으로 고른 분포를 보이고 있다.



<그림 5-7> 효율성 vs 물동량 분포(1999)

2000년의 Cluster 1에는 SCT를 비롯하여 1999년과 유사한 분포를 보이고 있으며, 중국의 물동량 증가에 힘입어 YICT와 QHCC가 새롭게 포함되었다.

효율성은 높으나 평균이하의 물동량을 기록하고 있는 Cluster 2는 우리나라 Gamman과 Gamcheon을 비롯하여 COSCO-HIT, CSXWT, Laem Chabang LCB1, LCIT 등이 포함되었다. HBCT는 2000년 물동량이 전년대비 42.4%가 증가하여 효율성이 높은 Cluster 2로 진입하였다. 그러나 PECT, UTC와 Gwangyang KEC을 제외하고 나머지는 여전히 가장 낮은 Cluster 3에 포함되어 있다.



<그림 5-8> 효율성과 물동량의 관계(2000)

물동량	↑	Cluster 4 -	Cluster 1 · YICT · QHCC · Gioia Tauro · MTL · HIT · SCT · Singapore · Dubai · Algeciras
	↓	Cluster 3 · SCTCN · HKT02 · Eurogate · Global02 · MICT · Tokyo · Port Klang · Colombo · HBCT · PECT	Cluster 2 · KEC02, 01 · Hanjin02, 01 · LCB1 · HKT01 · Gamcheon · Global01 · CSX WT · Cosco-HIT · UTC
		저	고

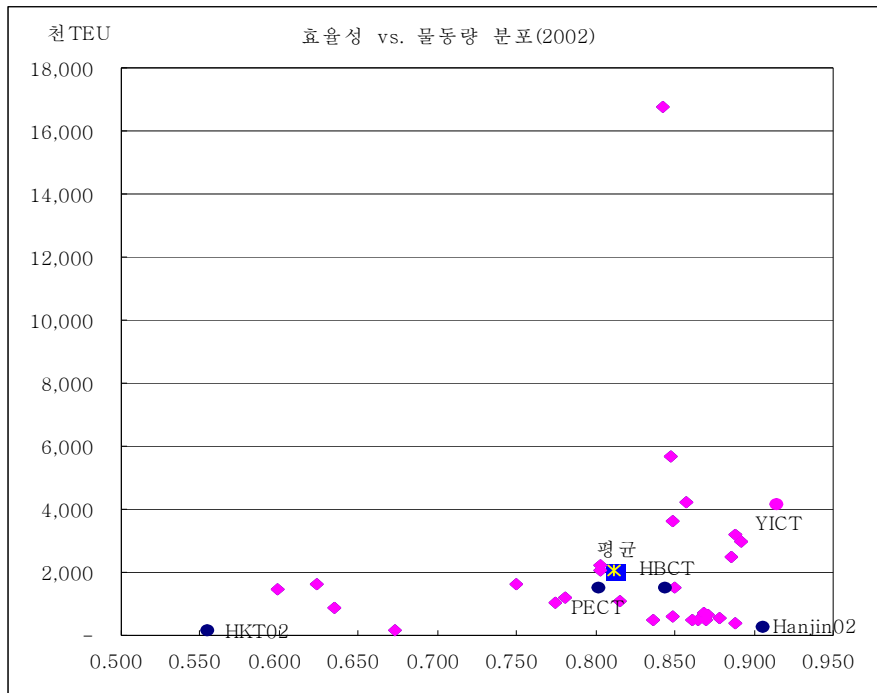
←----- 효율성 -----→

<그림 5-10> 효율성과 물동량의 관계(2001)

2002년의 가장 효율성이 높은 터미널은 <그림 5-11>, <그림 5-12>와 같이 YICT로 0.914이며, 가장 낮은 터미널은 Gwangyang HKT 0.554로 나타났다. 2000년, 2001년과 마찬가지로 상위 그룹은 여전히 큰 변화를 보이지 않고 있으며, Cluster 3에 속한 Gwangyang HKT, Global, Eurogate, Tokyo, Colombo, MICT 등은 비효율적인 터미널로 나타났다. 이와 같은 이유는 시설과 장비에 비해 상대적으로 처리물동량이 작아 안벽길이, 하역장비 등의 유휴시설이 존재하기 때문인 것으로 판단된다. <그림 5-12>는 2002년의 효율성과 물동량에 대한 분포를 나타낸 것이며, 1999년에 비해 물동량과 효율성이 평균 이상인 터미널이 증가되었음을 알 수 있다.

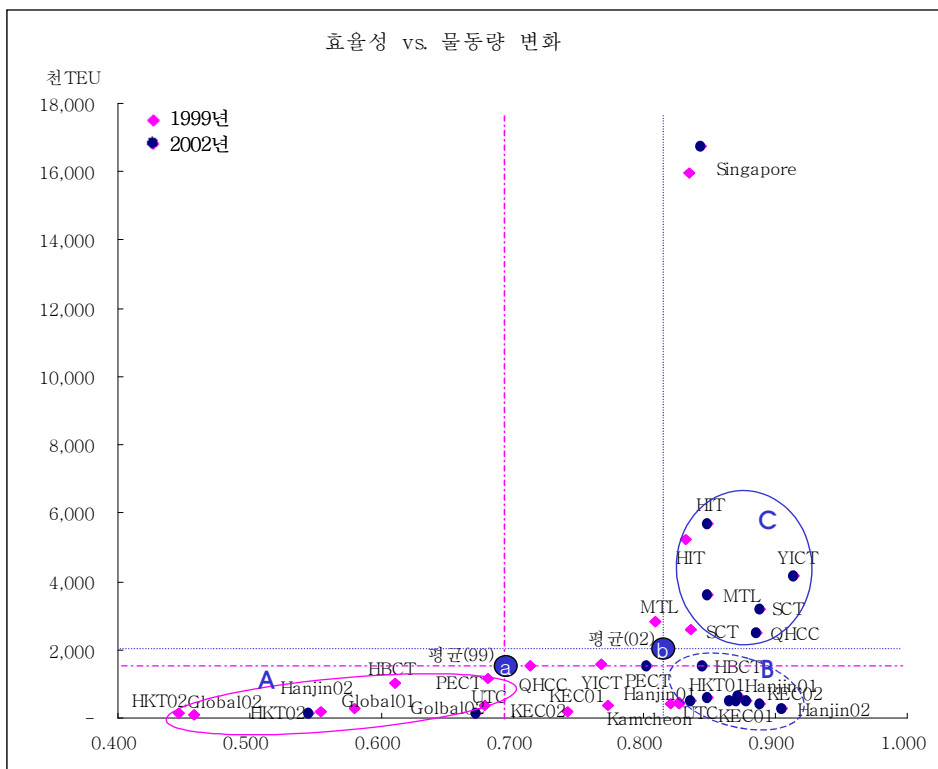
물동량	↑	<p>Cluster 4</p> <ul style="list-style-type: none"> · Algeciras 	<p>Cluster 1</p> <ul style="list-style-type: none"> · YICT · Gioia Tauro · SCT · QHCC 	<ul style="list-style-type: none"> · Dubai · HIT · MTL · Singapore 	
	↓	<p>Cluster 3></p> <ul style="list-style-type: none"> · HKT02 · Eurogate · Tokyo · SCTCN · Global02 	<ul style="list-style-type: none"> · Colombo · MICT · Salalah · PECT · Port Klang 	<p>Cluster 2</p> <ul style="list-style-type: none"> · Hanjin02, 01 · KEC02, 01 · LCIT · Gamcheon · Global01 	<ul style="list-style-type: none"> · Cosco-HIT · HKT01 · CSXWT · HBCT · UTC
저		←-----	효율성	-----→	고

<그림 5-11> 효율성과 물동량의 관계(2002)



<그림 5-12> 효율성 vs 물동량 분포(2002)

<그림 5-13>은 분석된 효율성을 기준으로 우리나라와 아시아 주요 항만과의 효율성과 물동량의 변화를 나타낸 것이다. 1999년 평균값 ㉠점은 효율성 0.694, 물동량 161만TEU이며, 2002년 평균값 ㉡점은 효율성 0.812, 물동량 207만TEU로 나타났으며, 대부분의 터미널에서 효율성이 증가하였음을 보여주고 있다.



<그림 5-13> 1999년 vs. 2002년 효율성 변화

효율성이 높은 상위그룹으로는 HIT, YICT, SCT, QHCC, Gamman, HBCT 등으로 나타났으며, 이중 물동량도 평균이상인 그룹은 Singapore, HIT, YICT,

SCT, MTL, QHCC 등으로 국내 터미널은 전무한 실정이다.

우리나라 컨테이너터미널의 경우 Gamman 4개 터미널과 Gwangyang KEC 및 Hanjin 터미널 등이 1999년 이후 지속적으로 효율성이 증가하고 있다. 그러나 우리나라 터미널은 평균이상 물동량을 처리하는 터미널이 나타나고 있지 않아 중심터미널의 위상을 점유하지 못하고 있는 것으로 판단된다.

이상의 결과와 <그림 5-13>를 살펴보면 물동량과 효율성이 높은 Cluster 1에 포함된 터미널에는 평균이상의 물동량을 처리하는 대형터미널과 비교적 소규모 터미널이 동시에 포함되어 있다. 이것은 컨테이너터미널의 효율성은 그 터미널의 규모에 의해 좌우되지 않는다는 것을 시사하는 것이다.

32개 터미널에 대한 개별터미널의 효율성을 분석한 결과 HBCT와 Gamman이 물동량 증가에 힘입어 효율성이 상위에 랭크되었고, Gwangyang항의 경우 G/C수와 T/C가 작아 적은 물동량을 처리하고도 효율성이 높게 나타나는 터미널과 그렇지 않은 터미널로 양극화 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 대체적으로 우리나라 터미널의 규모는 HBCT와 PECT를 제외하고 소규모 단일선적으로 운영되고 있으며, 선박대형화 및 항만대형화에 대한 환경변화에 적절히 대응하기 어려운 점이 있다. 따라서 국내의 Gamman과 Gwangyang을 1개 운영사가 운영할 경우를 고려하여 일정규모 이상(100만TEU)인 터미널을 대상으로 시나리오분석을 실시하여 효율성 수준을 판단하였다.

2) 효율성 결정요인 분석

효율성 결정요인으로서는 시설변수, 장비변수, 항만요율, 매출액, 운영인력, 기항선박 수, 정보시스템, 운영형태 등 다양하게 사용할 수 있으나 본 분석에서는 매출규모, 터미널 규모의 변화 및 운영형태에 따른 효율성과의 관계를 살펴보았다. 그 이유로는 시설변수와 장비변수 등은 이미 효율성을 추정하는데 사용하였으므로 이 변수들을 이용할 경우 효율성과의 상관관계로 인해 임의동

시편의(Pseudo-simultaneous bias)가 발생할 수 있기 때문이다. 또한 그 밖의 변수들은 컨테이너터미널의 특성상 자료수집의 제약성으로 인해 채택하지 못하였다.

따라서 상기 절에서 측정되었던 효율성을 이용하여 컨테이너터미널의 효율성에 영향을 미칠 것으로 고려되는 요인을 추가적으로 분석하였다. 컨테이너터미널의 효율성 결정모형은 다음과 같이 설정하였다.

$$EFFI = \alpha_0 + \alpha_1 Ln(Sale) + \alpha_2 DUM1 + \alpha_3 DUM2 + \epsilon \quad \langle \text{식 5-2} \rangle$$

여기에서 $Ln(Sale)$ 는 터미널 매출규모, $DUM1$ 은 컨테이너터미널의 규모를 나타내는 더미변수로 대상터미널이 평균이상의 물동량을 처리하는 터미널이면 1, 그렇지 않으면 0으로 설정하였다. $DUM2$ 는 글로벌운영업체가 터미널 운영¹⁰⁾을 하면 1, 그렇지 않으면 0으로 설정하였다.

터미널 매출규모는 개별터미널에 대한 항만요율¹¹⁾과 컨테이너 처리량의 곱으로 설정하였다. 그리고 개별터미널의 연도별 항만요율은 세계은행(World Bank) 데이터 조회를 활용하여 각국의 경제성장률을 감안하여 항만요율에 적용하였다. $DUM1$ 은 평균물동량 1,855천TEU를 기준으로 40개의 터미널이 설정되었다. 이들 터미널은 대부분 4선석 이상을 가진 대형터미널로 안벽길이 1,500m를 상회하고 있다. 그리고 $DUM2$ 는 우리나라에도 본격적으로 운영을 시작하였으며, 세계적으로도 급격히 성장하고 있는 글로벌 터미널운영업체의 운영이 터미널의 효율성에 어떠한 영향을 미치는지 판단하기 위해 추가하였다.

10) 글로벌운영업체가 운영하는 터미널의 기준은 직접 운영하는 경우와 참여지분이 50%이상인 터미널을 대상으로 하였다.

11) 항만요율은 해양수산부(2002), 『항만산업의 경제적 파급효과에 관한 연구』, p.66.과 United Nations(2002), 『Comparative analysis of port tariffs in the ESCAP regions』, pp.37-41.를 참조하여 작성하였고, 추가적으로 개별터미널의 홈페이지에 공표된 요율을 적용하였다.

먼저, <표 5-5>와 같이 컨테이너터미널 효율성 결정모형은 $R^2 = 0.681$ 로서 비교적 낮은 적합성을 갖지만, 터미널 매출규모와 평균이상의 물동량을 처리하는 터미널에 대한 요인은 각각 1%와 10%수준에서 유의적이며, 계수 또한 양(+)의 관계에 있어 효율성의 향상을 가져오는 변수인 것으로 나타났다.

글로벌 터미널운영업체의 운영여부가 효율성에 영향을 미치는가를 알아보기 위한 더미변수의 투입결과는 <표 5-5>와 같이 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 글로벌 터미널운영업체의 운영여부는 그 터미널의 효율성을 결정할 만큼 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

<표 5-5> 효율성 결정요인 분석결과

변 수	계수	t-값	유의수준
상 수	-0.523	-5.527*	0.000
$\ln(Sale)$	0.027	7.579**	0.084
$DUM1$	0.136	2.987*	0.003
$DUM2$	-0.018	-0.561	0.576
F-값	10.730*		
R^2	0.681		

주 : * : $p < 0.01$, ** : $p < 0.1$ 에서 유의수준.

3) 시나리오 분석

앞 절에서 국내외 32개 컨테이너터미널을 대상으로 개별터미널의 연도별 효율성 변화와 그 효율성에 영향을 미치는 결정요인에 대한 분석을 실시하였다. 그러나 Gamman 4개 터미널, Gwangyang 2개 터미널 등 몇몇 터미널에서는 컨테이너처리량, 장비 및 선석규모가 작음에도 불구하고 상대적으로 효율성이 높게 나타났다. 여기서 국내터미널이 일정수준 이상의 규모를 가지고 있다면, 그 효율성은 더욱 높아질 수 있을 것이라고 추측할 수 있다. 따라서 본 절에

서는 이러한 가정을 실증적으로 분석하기 위해 국내 Gamman과 Gwangyang 4개 터미널을 통합하여 각각 1개 터미널로 설정하였고, Laem Chabang의 경우에도 역시 2개 터미널을 1개 터미널로 통합하여 대상터미널과의 비교·분석을 수행하였다. 분석대상은 2002년 컨테이너처리량을 기준으로 100만TEU 이상인 중대형 터미널 22개를 선정하여 재분석하였다.

확률프론티어 생산함수를 설정하면 <식 5-3>과 같은 모형을 설정할 수 있으며, 분석결과는 <표 5-6>과 같다.

$$\ln TEU_{it} = \alpha_i + \beta_B \ln B_{it} + \beta_G \ln G_{it} + \beta_C \ln C_{it} + \beta_T \ln T_{it} + v_{it} - u_{it} \quad \text{<식 5-3>}$$

여기서, $i = 1, \dots, 22$. $t = 1998, \dots, 2003$

<표 5-6> 시나리오 분석의 추정결과

변수	MLE		
	Half-Normal	Exponential	Truncated
상수	12.509 (16.980)*	12.854 (18.158)*	12.373 (16.690)*
Ln(Berth)	-0.539 (-3.565)*	-0.600 (-4.339)*	-0.516 (-3.500)*
Ln(TGS)	0.167 (1.929)***	0.151 (1.863)***	0.173 (1.966)**
Ln(G/C)	0.693 (5.169)*	0.777 (6.273)*	0.666 (4.723)*
Ln(T/C)	0.666 (6.980)*	0.655 (6.946)*	0.659 (7.150)*
θ		5.303(4.616)*	
σ_u^2, σ_v^2	0.132, 0.018	0.033, 0.036	0.205, 0.016
μ/σ_u			0.537(0.285)
$\lambda = \sigma_u/\sigma_v$	2.728(2.894)*		
R^2	0.8739		
Log-likelihood	-2.344	-1.886	-2.266

주 : 1) ()은 t 값을 의미함.

2) *:p<0.01, **: p<0.05, *** : p<0.1에서 유의수준임.

<표 5-6>과 같이 Half-Normal 분포의 경우 $\sigma_u^2 = 0.132$, $\sigma_v^2 = 0.018$ 로 산정되어, $\lambda = \sigma_u^2/\sigma_v^2 = 7.3 > 1$ 로 나타나, 오차항 분포에 있어 확률프론티어모형을 이용하여 효율성을 분석하였다.

시나리오 분석결과를 살펴보면, Ln(G/C)가 0.693으로 컨테이너터미널의 물동량에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다음으로 Ln(T/C)가 0.666, Ln(TGS)가 0.167 순으로 나타났다. 그러나 안벽길이는 음(-)값을 가지는 것으로 나타나 컨테이너처리량에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 추정되었다.

개별 터미널의 연도별 효율성은 <표 5-7>과 같이 추정되었다. 연도별 효율성 1위 터미널은 1998년과 1999년에 Dubai, 2000년에 Gamman, 2001년에 YICT로 나타났다. 2002년에도 가장 효율성이 높은 터미널은 YICT로 0.917이며, 다음으로 Gamman이 0.916, QHCC가 0.908, Laem Chabang이 0.907, SCT가 0.901의 순으로 측정되었다. 분석기간 동안 전반적으로 효율성이 낮은 터미널은 Eurogate, Tokyo, Colombo, Port Klang, MICT 등인 것으로 나타났다. 중국항만에 속한 터미널의 경우 시나리오 분석결과에서도 실증분석과 같이 효율성의 상승이 두드러지게 나타났다. 특히 YICT와 QHCC는 효율성 순위가 1998년에 하위에 랭크되었으나 2000년 이후 상위그룹으로 높은 상승세를 보였다.

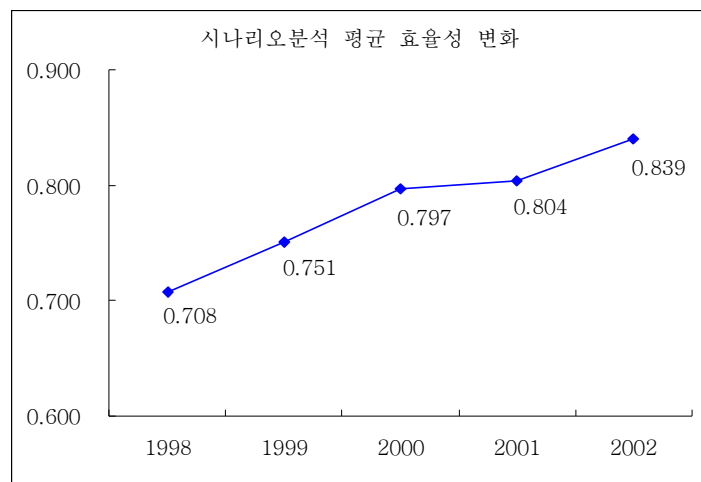
국내 컨테이너터미널의 경우를 살펴보면, 1999년에 본격적인 운영을 시작한 Gamman은 1999년 0.847에서 2002년 0.916로 나타나 꾸준히 상위권을 유지하고 있으며, 특히 2000년에는 0.907로 전체 1위의 효율성을 나타내기도 하였다. 이와 같은 결과는 Gamman터미널이 주어진 장비 및 시설을 최대로 활용하고 있다는 것을 시사하는 부분이다. Gwangyang의 경우에는 효율성 순위가 지속적으로 상승하였지만, 2002년에는 물동량 증가가 둔화되어 다소 순위가 주춤하고 있다. Gwangyang항의 효율성이 연도별로 높게 측정된 것은 투입된 장비수가 적은 것에서 기인한 것으로 볼 수 있다. 또한 HBCT와 PECT는 1998년 평균 효율성을 상회하였으나 1999-2002년 동안 물동량의 증가세가 다소 둔

화되어 각각 중위권과 중하위권의 효율성을 기록하고 있다.

<표 5-7> 시나리오 분석의 효율성 결과

구분	2002		2001		2000		1999		1998	
	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위	효율성	순위
YICT	0.917	1	0.929	1	0.893	2	0.807	8	0.573	15
Gamman	0.916	2	0.908	2	0.907	1	0.847	5	-	-
QHCC	0.908	3	0.905	3	0.876	4	0.764	13	0.561	17
Laem Chabang	0.907	4	0.866	5	0.865	6	0.816	7	0.639	14
SCT	0.901	5	0.854	6	0.885	3	0.853	3	0.757	9
Gioia Tauro	0.894	6	0.853	7	0.870	5	0.873	2	0.812	3
Gwangyang	0.893	7	0.884	4	0.797	15	0.707	17	-	-
HBCT	0.873	8	0.781	17	0.827	13	0.677	18	0.781	7
Cosco-HIT	0.872	9	0.836	10	0.857	8	0.803	10	0.797	4
Dubai	0.870	10	0.813	14	0.851	10	0.879	1	0.875	1
CSXWT	0.855	11	0.849	9	0.858	7	0.853	4	0.851	2
MTL	0.848	12	0.849	8	0.840	11	0.762	14	0.706	12
Salalah	0.841	13	0.824	12	0.761	18	0.504	22	-	-
PECT	0.841	14	0.788	16	0.775	17	0.737	16	0.758	8
HIT	0.839	15	0.835	11	0.852	9	0.824	6	0.788	6
Singapore	0.838	16	0.812	15	0.824	14	0.804	9	0.793	5
Port Klang	0.834	17	0.672	20	0.681	20	0.554	20	0.368	18
Algeciras	0.829	18	0.816	13	0.833	12	0.798	11	0.744	10
MICT	0.824	19	0.780	18	0.789	16	0.746	15	0.654	13
Colombo	0.773	20	0.745	19	0.716	19	0.782	12	0.722	11
Tokyo	0.624	21	0.586	21	0.542	21	0.516	21	-	-
Eurogate	0.571	22	0.511	22	0.435	22	0.618	19	0.567	16

시나리오 분석의 연도별 평균 효율성을 살펴보면, 1998년에 0.708이며, 1999년 0.751, 2000년 0.797, 2001년 0.804, 2002년 0.839로 32개 터미널의 실증분석과 같이 연도별로 평균 효율성이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 평균 효율성에 있어서는 시나리오 분석에서 다소 높게 나타났다.



<그림 5-14> 시나리오 분석의 평균 효율성 변화

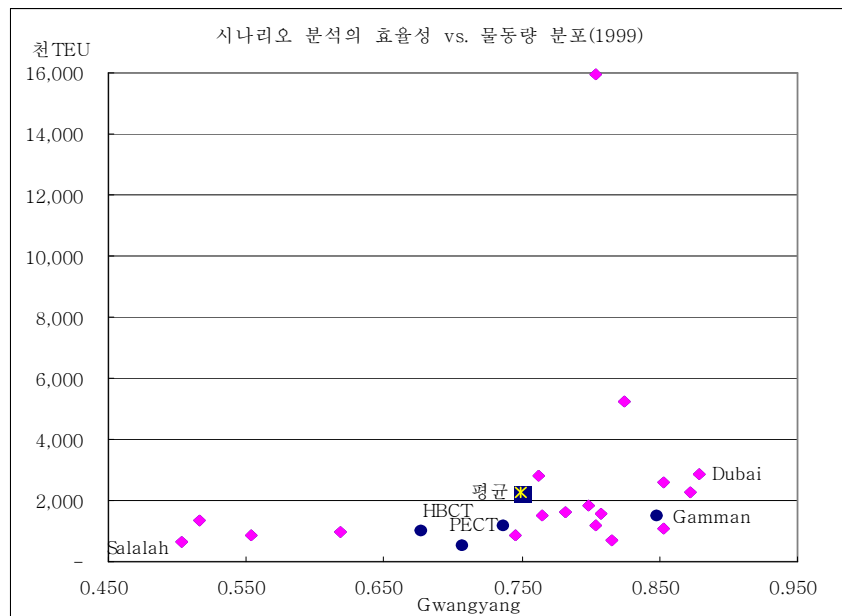
<그림 5-15>의 물동량과 효율성에 대한 관계매트릭스를 살펴보면, 1999년에는 물동량과 효율성이 평균 이상인 Cluster 1에 Dubai, SCT, HIT, Singapore 및 MTL이 포함되었다. 그러나 우리나라의 경우에는 Gamman을 제외하고 PECT, HBCT 및 Gwangyang은 비효율적인 그룹인 Cluster 3에 포함되었다. 이것은 Gamman의 개장으로 인하여 PECT 및 HBCT의 컨테이너화물이 Gamman터미널로 전이됨에 따라, 이들 터미널에서 물동량 감소가 효율성을 저하시킨 것으로 볼 수 있다. 또한 1998년 우리나라의 (-)경제성장으로 인하여 컨테이너물동량이 소폭 증가에 그친 것에 기인한다고 할 수 있다. 1999년 효율성과 물동량의 분포를 나타낸 <그림 5-16>을 살펴보면, 평균이상의 물동량을 처리하는 터미널에서는 효율성도 평균이상으로 나타나, 일정규모

이상 터미널에서는 물동량과 효율성이 어느 정도 상관관계가 존재한다는 것을 알 수 있다.

고	Cluster 4	Cluster 1
↑	-	· Dubai · Singapore · SCT · MTL · HIT
물동량	Cluster 3	Cluster 2
↓	· MICT · Eurogate · PECT · Port Klang · Gwangyang · Tokyo · HBCT · Salalah	· Gioia Tauro · Laem Chabang · CSX WT · YICT · Gamman · Algeciras · Cosco-HIT · Colombo · HIT · QHCC
저	저	고

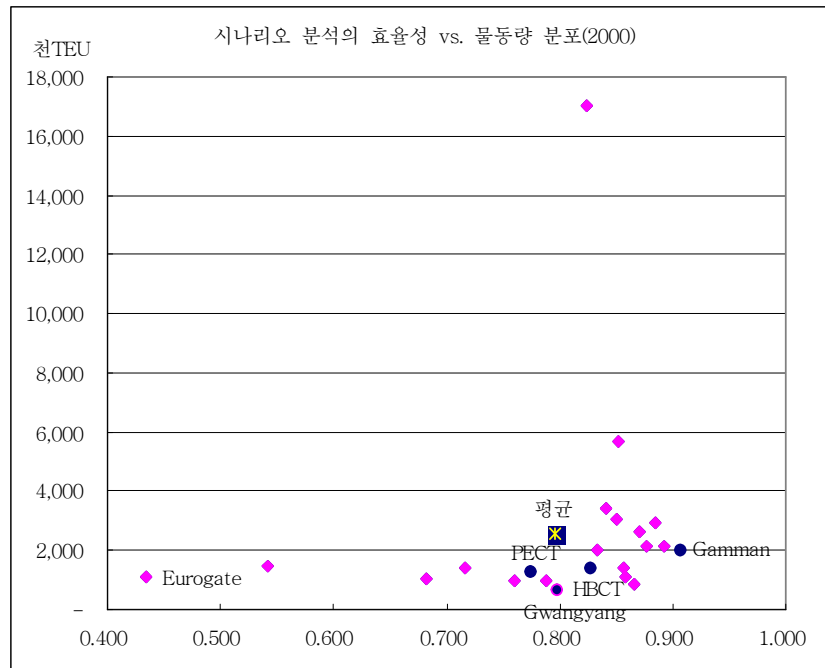
←----- 효율성 ----->

<그림 5-15> 시나리오 분석의 효율성과 물동량의 관계(1999)



<그림 5-16> 시나리오 분석의 효율성 vs 물동량 분포(1999)

2000년에는 Gamman의 효율성이 전체 1위를 기록하여 가장 효율적인 터미널인 것으로 분석되었다. 또한 HBCT가 효율성이 증가하였고, PECT와 Gwangyang은 여전히 비효율적인 그룹에 나타나고 있다.



<그림 5-17> 시나리오 분석의 효율성 vs 물동량 분포(2000)

<그림 5-18>과 같이 2002년에 국내터미널 Gamman, Gwangyang, HBCT 및 PECT는 물동량이 평균이하이며, 효율성이 평균을 상회한 Cluster 2에 모두 포함되어 있다. 그러나 Eurogate, Tokyo, Colombo, MICT 등은 여전히 Cluster 3에 포함되었다. 이들 터미널은 모든 대상연도에 있어 비효율적인 터미널 그룹에 포함되었다. 이러한 이유는 터미널의 시설과 장비에 대한 여유가 비효율성을 초래하는 것으로 볼 수 있다.

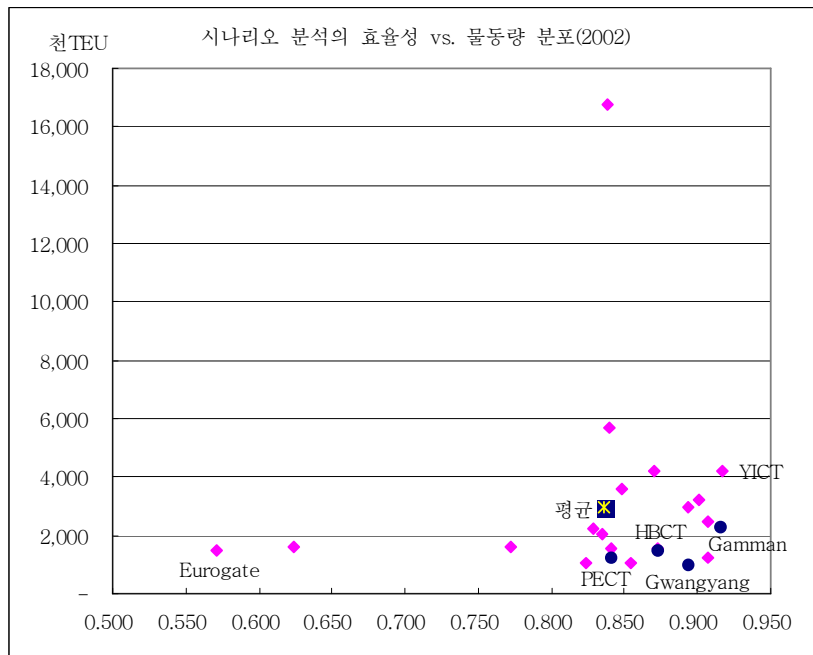
2002년에는 <그림 5-19>와 같이 대부분의 터미널이 평균점 주위에 형성되

어 있어 어느 정도의 효율성이 달성되었음을 알 수 있다.

고 ↑ 물동량 ↓ 저	Cluster 4	Cluster 1
		· YICT · SCT · Dubai
	Cluster 3	Cluster 2
	· Port Klang · Colombo · Algeciras · Tokyo · MICT · Eurogate	· Gamman · Gwangyang · QHCC · Cosco-HIT · Laem Chabang · CSX WT · Gioia Tauro · PECT · HBCT · Salalah
	저	고

←----- 효율성 ----->

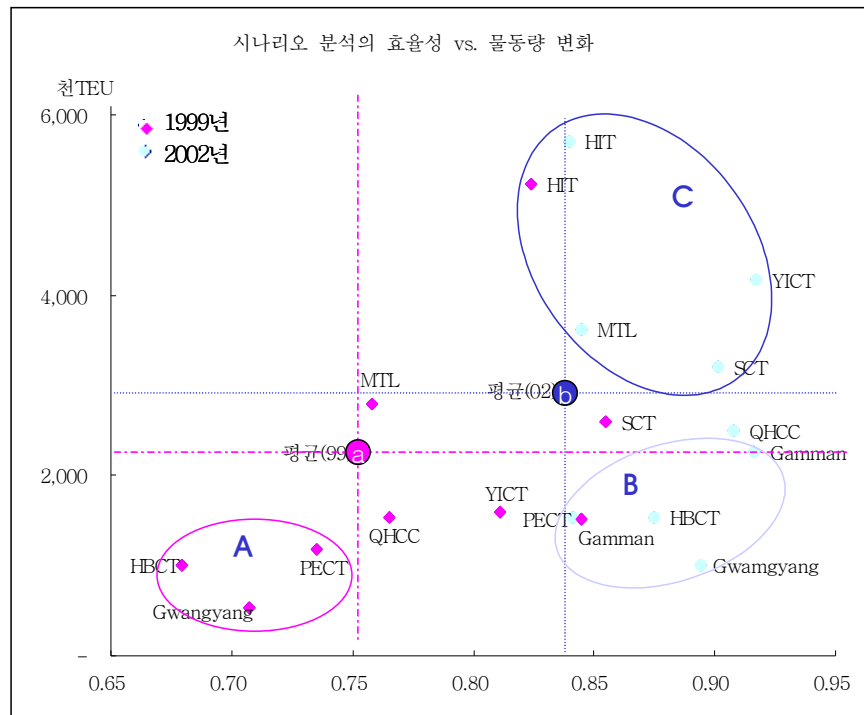
<그림 5-18> 시나리오 분석의 효율성과 물동량의 관계(2002)



<그림 5-19> 시나리오 분석의 효율성 vs 물동량 분포(2002)

<그림 5-20>은 우리나라와 동북아 항만과의 효율성과 물동량의 변화를 나타낸 것이다. 1999년의 평균값 ㉠은 효율성 0.751, 물동량 228만TEU이며, 2002년의 평균값 ㉡는 효율성 0.839, 물동량 296만TEU로 각각 0.087, 68만 TEU가 증가하였다.

우리나라 터미널은 1999년의 A구역에서 2002년에는 B구역으로 효율성의 향상을 가져왔다. 그러나 아직까지 상위그룹인 C구역에는 못 미치고 있는데, 이것은 C구역에 포함되어 있는 HIT, YICT, SCT, MTL, QHCC와 같은 터미널은 우리나라 터미널보다 훨씬 많은 물동량을 처리하고 있기 때문이다. 이들 터미널의 안벽길이는 평균 2,000m 정도의 규모를 가지고 있으며, 컨테이너처리량에서도 평균 400만TEU에 달하고 있다.



<그림 5-20> 시나리오 분석의 1999년 vs. 2002년 효율성 변화

5.4 효율성 평가 종합

1) 효율성 평가 종합

이상의 실증분석과 시나리오 분석결과를 종합하면 <표 5-8>과 같다. 실증 분석에서의 평균 통계량은 물동량 1,855천TEU, 안벽길이 1,555m, G/C 수 14개, T/C 수 44개로 나타났으며, 시나리오분석에서는 평균 통계량이 물동량 2,555천TEU, 안벽길이 2,118m, G/C 수 20개, T/C 수 60개로 나타났다.

연도별 평균효율성에서는 일정규모 이상의 터미널을 대상으로 한 시나리오 분석에서 보다 높게 추정되었다. 이러한 결과는 효율성 결정요인 분석에서 평균 이상의 물동량을 처리하는 터미널에서 유의적으로 나타나 컨테이너처리량과 효율성이 상관관계가 높음을 시사하고 있다. 그리고 효율성 순위에서는 두 분석에서 유사한 분포를 보이고 있는데, 상위 5위권에는 2002년을 기준으로 YICT, SCT, QHCC가 두 분석에서 공통으로 포함되었고, 하위 5위권에는 Tokyo, Eurogate가 포함되어 있다.

우리나라 터미널의 경우 시나리오 분석에서 Gamman터미널이 지속적으로 상위에 랭크되었다. 그리고 실증분석에서는 Gwangyang KEC, Hanjin 등은 효율적인 터미널에 포함되었으나, Global, HKT는 비효율적인 터미널에 포함되어 상반된 결과를 보였다. 특히 Gamman과 Gwangyang의 경우, 실증분석보다 시나리오 분석에서 평균 효율성이 높게 추정되었다. 이것은 Gamman과 Gwangyang의 경우에는 개별터미널로 운영하는 것보다 통합터미널로 운영하는 것이 상대적으로 효율적임을 실증적으로 보여주고 있다. 또한, 향후 우리나라 터미널의 운영방향을 실증적으로 시사하는 부분이며, <그림 5-13> 및 <그림 5-20>에서 C구역에 포함되어 있는 터미널로 발전시켜야 하는 부분과 맥락을 같이 하고 있다.

<표 5-8> 효율성 평가 비교

구분		실증분석					시나리오 분석						
분석대상		국내 12개 컨테이너 전용터미널(신감만, KIT 제외) 및 해외터미널					2002년 기준 100만TEU 이상 터미널, Gamman과 Gwangyang을 각 1개 터미널로 간주						
대상 수		150개(5년간)					106개(5년간)						
투입변수		안벽길이, TGS 수, G/C 수, T/C수					안벽길이, TGS 수, G/C 수, T/C수,						
평균 통계량	물동량 (천TEU)	안벽길이 (m)	TGS	G/C (개)	T/C (개)	물동량 (천TEU)	안벽길이 (m)	TGS	G/C (개)	T/C (개)			
	1,855	1,555	43,101	14	44	2,555	2,118	59,082	20	60			
평균 효율성		<p>연도별 평균 효율성</p>					<p>시나리오분석 연도별 평균 효율성</p>						
효율성	상위 5	순위	2002	2001	2000	1999	1998	순위	2002	2001	2000	1999	1998
	하위 5	순위	2002	2001	2000	1999	1998	순위	2002	2001	2000	1999	1998
특징		구분	2002	2001	1999	1998	구분	2002	2001	1999	1998		
		Gamman	0.867	0.858	0.862	0.752	Gamman	0.916	0.908	0.907	0.847		
		Gwangyang	0.755	0.726	0.623	0.548	Gwangyang	0.893	0.884	0.797	0.707		

주 : 1) 1998년 하위5의 순위는 32개 터미널에서는 18-22위이며, 22개 터미널에서는 14위-18위이다.

2) 실증분석의 Gamman, Gwangyang의 값은 평균값이다.

2) 효율성에 대한 투입변수 수준

실증분석의 결과에 근거한 터미널의 효율성과 투입변수의 수준은 <표 5-9>, <표 5-10>과 같다. 효율성이 0.9이상인 터미널에서는 G/C와 T/C의 처리수준이 높게 산정되어, 0.7미만인 터미널의 투입변수 수준의 2배 이상 높은 성과를 보이고 있다. 그러나 0.8-0.85 구간에 포함된 터미널에서는 안벽길이, TGS 및 G/C의 처리량이 상대적으로 높게 분포되고 있다. 이러한 이유는 동구간의 터미널에 Hong Kong, Singapore 등과 같은 성숙화가 이미 이루어진 터미널이 다수 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

<표 5-9> 실증분석의 효율성과 투입변수와의 관계

구분	관측 수	평균 효율성	안벽길이 (TEU/m)	TGS (TEU/TGS)	G/C (TEU/개)	T/C (TEU/개)
0.9 이상	4	0.914	1,187	40.9	174,910	72,346
0.85 - 0.9	27	0.873	1,301	48.0	157,583	59,152
0.80 - 0.85	39	0.827	1,640	58.8	159,382	49,015
0.70 - 0.80	41	0.756	1,021	41.2	112,775	40,928
0.70 미만	39	0.565	648	24.3	83,887	28,818

<표 5-10>과 같이 시나리오 분석에 대한 효율성 수준과 투입변수와의 관계를 살펴보면, 효율성 구간에 따른 투입변수의 수준이 실증분석과는 달리 일관성 있는 분포를 보이고 있다. 이것은 실증분석에서의 터미널의 규모가 다양하게 분포되어 있기 때문이다. 효율성이 0.9 이상인 터미널에서는 실증분석 보다 많은 9개가 포함되었고, 상대적으로 0.7미만 터미널 수는 19개로 나타나 전체적인 효율성 수준이 실증분석 보다 높음을 알 수 있다.

<표 5-10> 시나리오 분석의 효율성과 투입변수와의 관계

구분	관측 수	평균 효율성	안벽길이 (TEU/m)	TGS (TEU/TGS)	G/C (TEU/개)	T/C (TEU/개)
0.9 이상	9	0.911	1,520	49.5	174,377	63,436
0.85 - 0.9	25	0.868	1,488	51.4	159,470	48,902
0.80 - 0.85	27	0.828	1,392	51.0	136,878	45,122
0.70 - 0.80	26	0.763	968	37.4	107,438	37,575
0.70 미만	19	0.571	610	23.0	85,093	25,106

이상에서 효율성에 대한 투입변수의 수준을 분석해 보았다. 그러나 효율성과 터미널 운영능력과의 관계에서 컨테이너터미널의 효율성이 높은 것이 과연 좋은가 하는 문제의식이 발생되게 된다. 단순히 소규모터미널에서 적은 장비를 이용하여 처리량을 높이는 것이 효율성의 향상이라면 터미널에서 제공되는 서비스 수준을 무시하는 결과를 초래하게 될 것이다. 따라서 적정효율성에 대한 수준을 다음의 사례를 통해 설정하였다.

컨테이너터미널의 적정 효율성을 판단하기 위해 <표 5-11>과 같이 해외터미널 개발계획을 기준으로 적정능력을 가늠하였다. 11개 해외터미널의 개발계획에서 계획능력 대비 안벽길기와 G/C능력에 대한 수준을 살펴보면, 평균 안벽길이당 1,462TEU/m이며, G/C 능력은 137,383TEU/개로 나타났다. 이와 같은 결과로 1선석 규모의 능력을 판단하여 보면 300m 선석시 438,615TEU, 350m 선석시 511,717TEU로 산정되었다. 또한 G/C 3개 운영시 412,148TEU, G/C 4개 운영시 549,531TEU로 산정되었다. 따라서 1개 선석에 대한 적정능력은 대략 41만TEU ~ 55만TEU 수준으로 산정될 수 있다.

<표 5-11> 해외터미널 개발계획 대비 수준

계획 터미널	안벽 길이(m)	G/C (개)	계획능력 (천TEU)	안벽길이 능력(TEU)	G/C당 능력(TEU)
Hong Kong Terminal 9	1,800	15	2,600	1,444	173,333
Ningbo International Container Terminal Phase III	1,200	-	1,500	1,250	-
Qingdao Qianwan Phase III	2,400	-	3,000	1,250	-
Shanghai Waigaoqiao Container Terminal Phase IV	1,250	12	1,500	1,200	125,000
Shekou Phase II	700	8	800	1,143	100,000
Shenzhen YICT Phase III	1,400	18	2,000	1,429	111,111
Tanjung Palepas	800	10	1,500	1,875	150,000
Singapore	300	5	760	2,533	152,000
Salalah	800	8	1,000	1,250	125,000
Hamburg Altenwerder Container Terminal Phase I	800	7	1,100	1,375	157,143
Rotterdam Delta Phase 2, 3	750	7	1,000	1,333	142,857
평균	1,109	10	1,524	1,462	137,383

자료 : Drewry Shipping Consultants(2002), Global Container Terminals, pp.218-227.

그리고 우리나라 Gamman 부두의 사례에서 효율성과 선석점유율 및 대기율 등의 변화를 통해 적절한 서비스가 이루어지는가를 검증하였다. <표 5-12>와 같이 선석점유율이 2000년 62.8%에서 2002년 70.1%로 꾸준히 상승하고 있으며, 효율성 또한 2000년 0.907에서 2002년 0.916으로 지속적으로 증가되고 있다. UNCTAD 권고 선석점유율 60% 수준을 훨씬 상회하고 있으며, 2002년에는 선박대기율 2.7%, 체선율 2.7%가 발생¹²⁾되고 있다. 이와 같이 Gamman의 개별터미널은 이미 60만TEU를 상회하여 처리하고 있으며, 터미널 자체능력만으로는 처리가 곤란하여 외부 off-dock의 지원을 받고 있다.

12) 한국컨테이너부두공단(2003), 부산항 외항 컨테이너선 입항·대기·체선 현황.

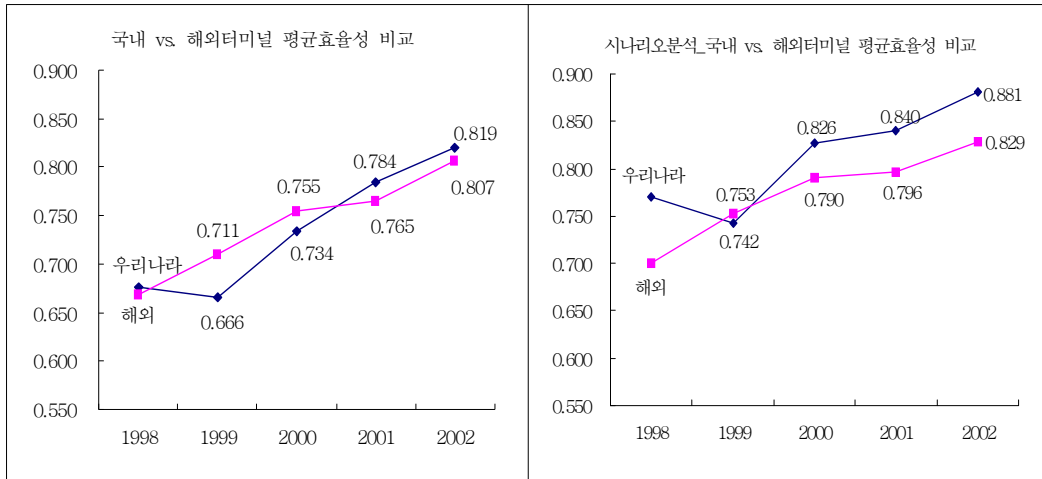
<표 5-12> Gamman 선석점유율 현황

구분	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년
물동량(천TEU)	880	1,398	1,769	1,922	2,261
총접안선박(척)	575	849	1,427	1,629	1,643
총접안시간	11,559	15,205	21,997	22,969	24,493
선석점유율(%)	33.0%	43.4%	62.8%	65.6%	70.1%
효율성	-	0.847	0.907	0.908	0.916

따라서 적정 효율성수준은 적정 서비스능력과 매우 밀접한 관계가 있다. 컨테이너터미널의 특성상 인력활용, 장비가동률, 선박 관련서비스 및 여유율 등 다양한 내외부 조건에 따라 터미널의 운영상황이 변화하게 된다. 그러므로 고효율의 추구보다는 적정효율성의 추구가 바람직하다고 판단된다. 위의 두 가지 사례와 분석결과의 효율성에 대한 투입변수의 수준을 종합해본 결과 효율성이 0.85수준에서 적정 서비스능력을 발휘할 수 있을 것으로 추정되었다.

3) 국내 터미널 및 해외터미널 수준 비교

우리나라 터미널과 해외 대상터미널의 평균효율성은 <그림 5-21>과 같이 2001년 이후 우리나라의 평균효율성이 높게 나타나고 있다. 1999년은 우리나라 물동량 증가세의 둔화와 Gamman, Gwangyang의 물동량이 본격화되지 않았던 시점으로 해외 대상터미널보다 낮게 나타나고 있다.



<그림 5-21> 국내 vs. 해외터미널 평균 효율성 비교

국내터미널은 평균 안벽길이 546m로 해외터미널과 비교하여 대체적으로 소규모 운영형태를 띠고 있다. 또한 안벽길이, TGS 및 G/C 처리수준에서도 해외터미널에 비해 낮은 수준을 보이고 있으며, T/C 처리수준만이 높게 나타나고 있다.

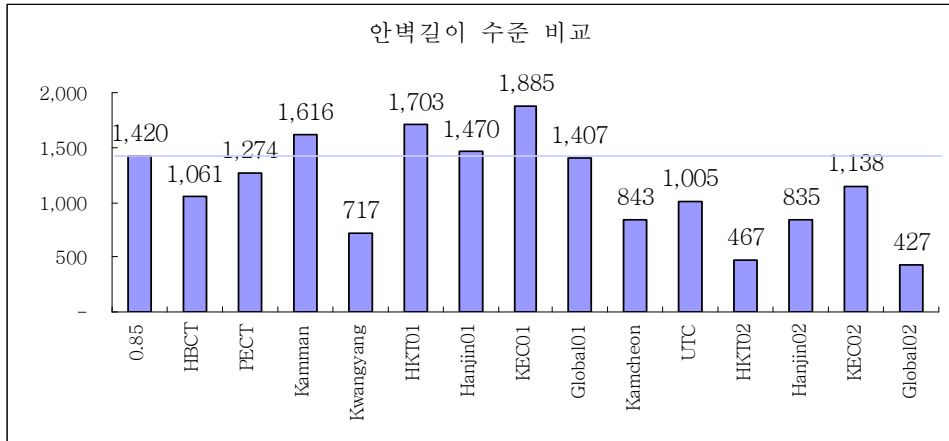
<표 5-13> 실증분석의 국내 vs. 해외 터미널 비교

구분	Year	평균 효율성	안벽길이 (m)	안벽길이 (TEU/m)	TGS (TEU/TGS)	G/C (TEU/개)	T/C (TEU/개)
국내	1998	0.675	937	750	38	90,587	35,465
	1999	0.666	546	749	31	96,486	37,898
	2000	0.734	546	905	36	115,041	45,698
	2001	0.784	546	981	39	127,321	51,279
	2002	0.819	546	1,126	44	133,647	56,731
해외	1998	0.639	2,077	1,004	37	111,294	33,355
	1999	0.701	2,046	1,098	40	119,627	37,857
	2000	0.754	2,046	1,244	45	132,102	42,832
	2001	0.762	2,102	1,287	46	134,379	44,220
	2002	0.806	2,104	1,465	52	154,399	48,978

<표 5-14> 시나리오 분석의 국내 vs. 해외 터미널 비교

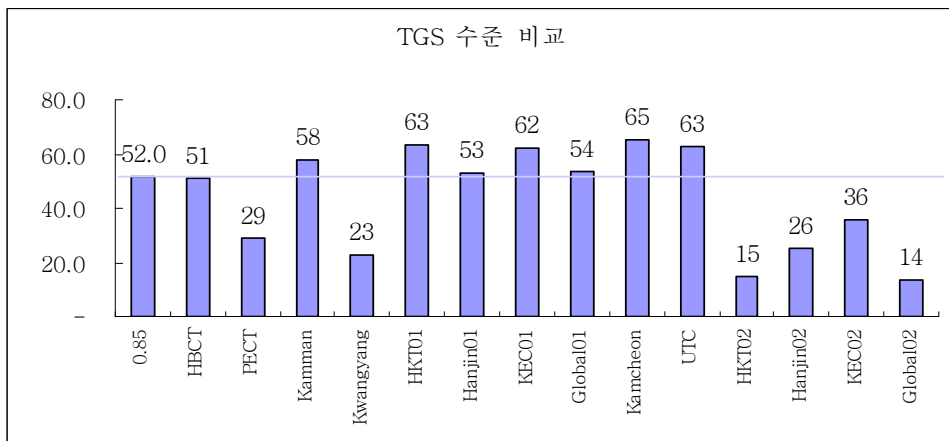
구분		평균 효율성	안벽길이 (m)	안벽길이 (TEU/m)	TGS (TEU/TGS)	G/C (TEU/개)	T/C (TEU/개)
국 내	1998	0.770	1,324	923	33	101,589	39,096
	1999	0.742	1,324	787	28	94,685	36,337
	2000	0.826	1,362	986	34	116,414	45,638
	2001	0.840	1,362	1,006	35	121,266	47,659
	2002	0.881	1,362	1,167	40	134,979	54,154
해 외	1998	0.700	2,296	1,033	38	112,610	33,875
	1999	0.753	2,238	1,107	41	122,211	38,222
	2000	0.790	2,238	1,249	45	133,918	43,053
	2001	0.796	2,299	1,277	46	135,131	43,975
	2002	0.829	2,302	1,427	52	152,530	47,552

효율성 수준결정에서 설정되었던 0.85 수준을 국내 터미널의 안벽길이, TGS, G/C 및 T/C 처리수준과 비교·분석하면 다음과 같다. 우선, 안벽길이당 처리량을 나타내는 <그림 5-22>를 살펴보면, Gamman KEC가 1,885TEU/m로 가장 높은 것으로 나타나고 있으며, Gwangyang Global과 HKT가 가장 낮게 나타나고 있다. 특히, Gamman의 경우 개별운영 뿐만 아니라 통합터미널로 운영할 경우에도 안벽길이당 높은 처리량을 보이고 있다. 이것은 추가적인 안벽시설이 필요하다는 것을 시사하고 있다. 그러나 Gwangyang의 경우에는 안벽시설에 대한 처리량이 상대적으로 낮아 안벽시설에 여유가 있음을 알 수 있다. 즉 안벽능력에 비해 물동량의 처리량이 적음을 의미한다.



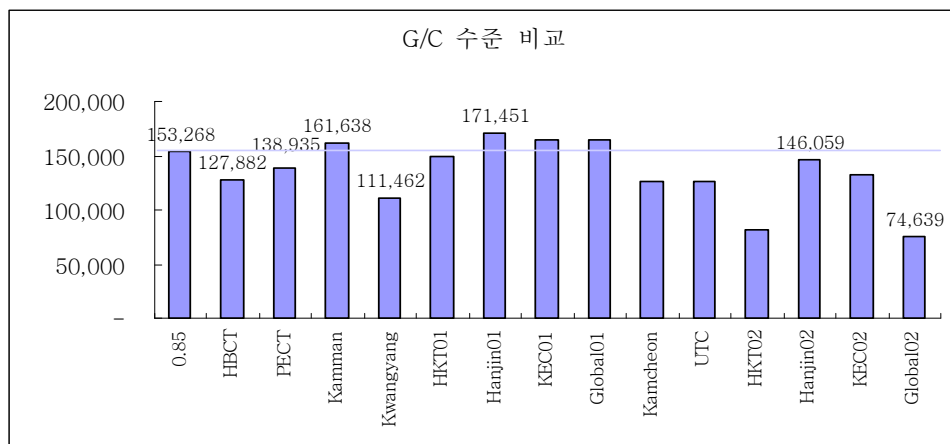
<그림 5-22> 국내터미널 안벽길이 수준 비교

TGS 수준은 안벽길이에 대한 수준과 유사한 분포를 보이고 있다. Gamman의 경우 주어진 야드를 최대한으로 활용하여 추가적인 확장 필요성이 있다는 것을 시사하며, Gamcheon과 UTC의 경우에도 마찬가지로 야드활용이 최대임을 알 수 있다. Kwangyang의 경우 안벽시설과 마찬가지로 추가 물동량 유치에 여유가 있다는 것을 나타내고 있다.

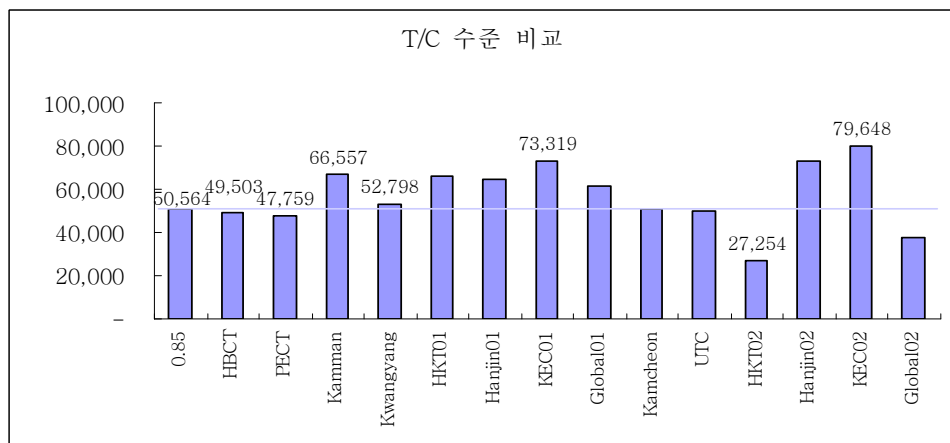


<그림 5-23> 국내터미널 TGS 수준 비교

G/C에 대한 적정효율성에 대한 수준은 Gamman을 제외하고 나머지 터미널에서는 낮은 수준을 나타내고 있다. 하지만 <그림 5-25>의 T/C 수준에서는 Gwangyang KEC, Hanjin 및 Gamman에서 높은 처리수준을 보이고 있다. 이것은 off-dock 처리물동량까지 포함되어 다소 과다 산정되었을 소지가 있으나, 결국 T/C 장비의 부족을 의미한다.



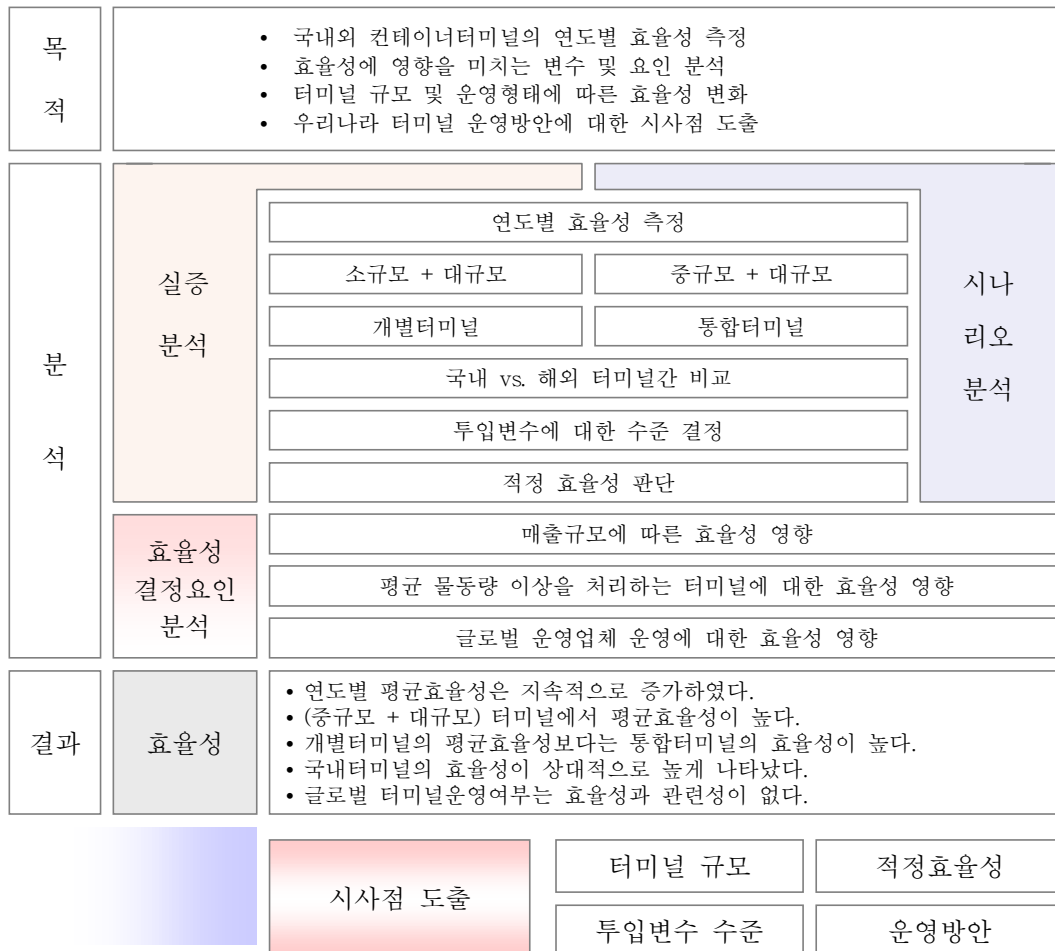
<그림 5-24> 국내터미널 G/C당 처리량 수준



<그림 5-25> 국내터미널 T/C당 처리량 수준

5.5 시사점 도출

상기 절에서 분석되었던 결과를 바탕으로 우리나라 터미널의 효율성 향상 및 경쟁력 강화방안에 대해 시사점을 도출하였다. <그림 5-26>의 시사점 도출모형도에서 제기된 터미널 규모, 적정효율성, 투입변수 속성 및 향후 우리나라 터미널 운영방안에 대해 제안하고자 한다.



<그림 5-26> 시사점 도출 모형도

첫째, Gamman과 Gwangyang의 경우 개별터미널로 운영할 때보다 통합터미널로 운영할 경우 상대적으로 높은 효율성을 나타냈다. 그리고 동북아 경쟁터미널과 비교할 시에도 우리나라 터미널은 처리 물동량규모가 훨씬 뒤처지는 것으로 나타났다. 따라서 향후 우리나라의 터미널 운영규모에 있어서도 일정한 규모의 터미널로 운영하여야 함을 실증적으로 보여주고 있다.

둘째, 효율성에 대한 시사점으로 고효율보다는 적정효율성을 가진 터미널의 운영을 해야 한다는 것이다. 부족한 시설 및 장비, 그 외에 외부 보관지역(off-dock)까지 이용하여 추가적인 비용과 시간 등을 유발시키는 무조건적인 처리량 높이는 지양하여야 한다. 선사에 제공되는 서비스의 수준을 높이면서 효율적인 운영을 위해 적정효율성에 대한 개념을 제시하였다.

셋째, 적정효율성과 해외터미널의 벤치마킹을 통한 투입변수의 수준을 살펴보면, Gamman을 제외한 우리나라 터미널은 T/C 수준은 높으나 상대적으로 안벽길이, TGS 및 G/C 수준은 적정효율성 수준을 달성하지 못하는 것으로 분석되었다. 특히 Gwangyang의 경우는 시설여유가 과다하게 발생되고 있으며, 선석당 적정장비 수의 부족으로 이어지고 있다. 이 같은 문제점은 물동량이 적은 것에 그 원인이 있다.

넷째, 글로벌 터미널운영업체의 급속한 성장은 우리나라 터미널까지 잠식되고 있다. 선진운영방식의 습득, 우리나라 터미널 운영환경의 체질개선을 꾀하지는 않으나 우리나라의 운영업체는 점차 소규모, 지역적 터미널 운영업체로 전락되어 궁극적으로 물류중심지화를 실현시킬 수 있는 터미널운영업체의 출현을 어렵게 만들고 있다. 글로벌운영업체 못지않게 Gamman의 경우는 선진터미널과 비교하여도 손색이 없을 만큼 높은 효율성을 유지하나 개별 선석단위로 운영되어 선박의 대형화 및 대형선사의 추가적인 유치는 어려운 실정이다.

6. 결론 및 향후 연구방향

6.1 결론

컨테이너물동량의 지속적인 증가, 항만운영에 있어 민간참여 확대, 글로벌 운영업체들의 급성장 및 선박과 항만의 대형화 등은 컨테이너터미널의 환경에 많은 변화를 예고하고 있다. 이 같은 터미널환경에서 기반시설의 확장과 함께 컨테이너터미널의 효율성을 지속적으로 강조하고 있다.

이런 시점에 본 연구에서는 확률프론티어 모형을 이용하여 컨테이너터미널의 효율성을 계량화하여 대상 터미널간 효율성을 비교 분석하였다. 그리하여 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 실증분석의 평균 효율성을 살펴보면 1998년 0.670, 2000년 0.747, 2002년 0.812로 증가하였고, 시나리오 분석의 경우 역시 1998년 0.708, 2000년 0.797, 2002년 0.839로 지속적으로 효율성이 증가하였다. 이것은 컨테이너터미널의 물리적인 특성이 반영된 것이라 할 수 있다. 즉 컨테이너터미널은 개장과 동시에 투입요소들이 설치되어 투입변수의 변화가 없는 반면 산출요소인 컨테이너처리량이 지속적으로 상승하여 효율성의 증가를 가져온 것이다.

둘째, 컨테이너터미널의 효율성은 터미널 규모와는 상관관계가 적은 것으로 나타났다. 분석결과 가장 효율적인 집단에 속하는 터미널에는 대형터미널과 소규모터미널이 혼재되어 있어 컨테이너터미널의 효율성은 그 터미널의 크기에 따라 좌우되지 않는 것을 알 수 있다. 실증분석의 경우 Gamman 4개 터미널, Gwangyang Hanjin, KEC, LCB1 등이 터미널 규모가 작음에도 불구하고 상대적으로 효율성이 높게 나타났다. 반면에 Eurogate, Colombo, Salalah 등은 비교적 터미널 규모가 있음에도 비효율적으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Notteboom et al.(2000)과 Tonzon(2001)의 연구와도 일치하는 부분이다.

셋째, 터미널 운영형태와 효율성과의 상관관계는 미약한 것으로 나타났다.

효율성 결정요인분석에서 글로벌 운영업체가 운영하는 터미널에 대한 변수는 통계적으로 유의미하지 않았다. 운영형태에 따른 효율성의 변화는 장비대수나 기반시설이 아닌 인건비, 일반경비 등의 재무자료로 판단하여야 더욱 정확한 결과를 나타낼 수 있을 것이라 판단된다. Notteboom et al.(2000)은 항만의 효율성은 소유구조와 아무런 관계를 가지지 않는다고 한 주장과 일치하는 부분이다.

넷째, Gamman과 Gwangyang의 통합터미널의 효율성은 실증분석의 개별 터미널 효율성 평균값보다 높게 나타났다. 이것은 Gamman과 Gwangyang의 개별선석 운영보다 통합터미널로 운영하는 것이 훨씬 효율적임이 실증되었다.

다섯째, Hongkong, Singapore 등 터미널 성숙화가 이루어진 터미널의 경우 효율성이 연도별로 0.8~0.85수준으로 일정한 분포를 보이고 있다. 0.9이상의 효율성을 보이는 터미널에서는 선석점유율 및 선박의 대기율의 상승을 가져오고 있으며, 해외 터미널의 개발계획의 적정능력은 적정효율성 수준의 물동량 임을 알 수 있었다. 이와 같이 컨테이너터미널에서는 고효율보다는 서비스 수준을 감안하여 적정효율성을 추구해야 한다.

그리고, 확률프론티어 함수를 이용하여 컨테이너터미널의 효율성을 측정하는 것은 다음과 같은 의의를 가진다.

첫째, 컨테이너터미널의 효율성을 수치화하여 시간의 흐름에 따라 효율성이 증가 및 감소하는 컨테이너터미널을 파악하여 터미널간 상대적 효율성을 비교할 수 있었다.

둘째, 부분적인 단순 생산성 비교와는 달리 변수간의 복합적인 상호작용에 의한 효율성 정도를 파악할 수 있었다. 또한 기존의 연구에서 항만개념에서 비교하던 것을 개별 컨테이너터미널로 한정하여 보다 정교한 분석을 할 수 있었다.

셋째, 컨테이너터미널의 상대적 효율성이 주는 정보가치는 향후 항만운영정책에 있어 하나의 방향성을 제시할 수 있을 것이다.

넷째, 확률프론티어모형을 이용한 컨테이너터미널 효율성 분석을 시도한 국

내연구 사례가 없어 하나의 출발점으로 기록될 수 있다.

6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다.

첫째, 투입된 설명변수가 종속변수인 컨테이너처리량에 대한 설명력이 충분하지 못하였다는 한계점이 있다. 자료 수집상의 제약으로 더 설명력있는 변수를 채택할 수 없었기 때문이다. 터미널에 대한 재무자료 및 서비스 수준을 바탕으로 한 설명변수를 선택하여 보다 폭넓은 효율성 분석을 해야 할 것이다.

둘째, 비교대상 컨테이너터미널의 기준의 불일치성이다. 이와 같은 한계를 극복하기 위해 컨테이너터미널 단위의 효율성을 분석하였지만, 싱가포르, 두바이 등의 대규모 항만이 1개 터미널로 처리되어 분석되었다.

셋째, 투입장비 수에 대한 효율성의 판단이 제대로 안된다는 점이다. 예를 들어 컨테이너터미널의 단순 생산성을 판단할 수 있는 시간당 안벽당 처리량에서 우리나라 터미널은 해외 선진터미널과 비교하면 절반 수준에도 못 미치고 있는 실정에 있다¹³⁾. 그러나 Gwangyang터미널의 경우 2대의 크레인으로 작업하여도 효율성이 높게 나타난 문제점이 발생되고 있다.

넷째, 본 연구에서 사용된 독립변수 외에 평균선석, 선박기항선사, CY면적 등을 사용하여 분석하였으나, 대부분의 경우 통계값이 유의적이지 못하여 채택하지 못하였다. 또한 계량화 및 자료입수가 어려운 정보화 부문에 대한 투입변수의 선택에 대한 아쉬움이 남는다.

13) 세계 주요 컨테이너터미널의 시간당 하역능력은 Port Klang Westport터미널이 368VAN/hr (2003. 3), Singapore PSA 340VAN/hr(2000. 4), Hong Kong HIT 272VAN/hr(2003. 6), Shenzhen YICT 259VAN/hr(2001. 11)을 기록하였다. 그러나 우리나라 터미널의 경우 KECT터미널에서 최대 100VAN/hr을 처리하는 수준에 있다(www.yict.com.cn, www.westportmalaysia.com.my, www.hit.com.hk).

참고문헌

- 1) 김동수(1997), “공기업민영화에 대한 효율성 분석”, 『산업조직연구』, 제7집 제2호, pp.97-117.
- 2) 김우호(2003), “일본의 슈퍼중추항만 추진동향과 시사점”, 『해양수산동향』, 제 1105 호, pp.2-6.
- 3) 김정민, 전영서(2001), “기술적 효율성에 근거한 국가경쟁력 측정에 관한 연구”, 『산업조직연구』, 제9집 제2호, pp.105-127.
- 4) 김정우, 이희경, 이영훈(2001), “확률프론티어분석을 이용한 연구개발투자의 OECD 국가간 파급효과”, 『산업조직연구』, 제9집 제1호, pp.39-43.
- 5) 남기범(1995), 『지방정부의 생산성 측정체계에 관한 연구 - 서울시 구청시민국을 중심으로』, 연세대학교 박사학위논문, p.51.
- 6) 남기찬, 이재현(2002), “초대형 컨테이너선박에 대한 이론적 고찰”, 『한국항해항만학회지』, 제26권 제6호, pp.460-462.
- 7) 문성혁(1998), “새로운 개념의 컨테이너터미널 출현과 중추항만”, 『한국항만경제학회지』, 제15집, pp.18-25.
- 8) 박경서, 김창호(2002), “은행합병이 기업여신에 미치는 영향에 관한 연구”, 『금융학회지』, 제7권 2호, pp.123-124.
- 9) 박종화, 윤대식, 이종열(1998), 『지역개발론』, 박영사.
- 10) 송재영(2000), 『DEA/AHP를 이용한 컨테이너 터미널 효율성에 관한 연구』, 한국해양대학교 석사학위논문, pp.20-23.
- 11) 심기섭(2000), “컨테이너터미널 운영업체의 경영전략”, 『월간해양수산』, 통권 제189호, p.68.
- 12) _____(2001), “생존을 위한 항만제휴(Port Alliances)가 활발하게 이루어질 듯”, 『해양수산동향』, 제1002호, pp.2-10.
- 13) 안충영, 홍성표, 박완규 공역(1998), 『기초 계량경제학』, 진영사, Gujarati

D. N. 저(1994), McGraw-Hill Inc.

- 14) 오성동·박노경(2001), “컨테이너항만의 국제경쟁력 분석방법 : DEA 접근”, 『한국항만경제학회지』, 제17집, 제1호. pp.27-51.
- 15) 오승은(2000), 『지방자치단체 기업적 활동의 효율성 분석』, 연세대학교 박사학위논문, pp.45-73.
- 16) 원구환(1998), “확률변경생산함수를 이용한 공익사업의 비효율성 측정 : 지방상수도사업의 패널자료(panel data)를 중심으로”, 『한국정책학회보』, 제7권 제3호, pp.287-306.
- 17) 윤경준(1995), 『지방정부 서비스의 상대적 효율성 측정에 관한 연구 : 대도시 보건소에 대한 자료포락분석을 중심으로』, 연세대학교 박사학위논문, p.14.
- 18) 이영범(1997), 『확률전선비용모형을 이용한 공공병원의 효율성 측정에 관한 연구』, 연세대학교 석사학위논문, pp.9-16.
- 19) 이영훈(2001), “선형패널자료모형에 관한 연구”, 『계량경제학보』, 제12권 제2호, pp.105-138.
- 20) 전용수, 최태성, 김성호(2003), 『효율성 평가를 위한 자료포락분석』, 인하대학교 출판부, pp.4-34.
- 21) 전영서, 조병택(2000), “한국 자동차회사의 기술적 효율성 측정 및 결정요인에 관한 연구”, 『산업조직연구』, 제8권 제1호, pp.183-198.
- 22) 정태원, 광규석(2002), “동북아 경쟁항만들의 선호도 분석에 관한 연구”, 『한국항해항만학회지』, 제26권 제6호, p.371.
- 23) 최재성(1995), “미국 노인요양원 산업의 효율성 분석 : 확률전선비용모형을 적용한 사례”, 『연세사회복지연구』, 제2호, pp.3-25.
- 24) 한국컨테이너부두공단(2002), 『우리나라 컨테이너부두 생산성 향상방안 연구』, pp.13-39.
- 25) 한철환(2003), “항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구”, 『월간

- 해양수산』, 통권 제221호, pp.25-36.
- 26) _____(2003), “컨테이너항만의 발전패턴과 중심항만전략에의 시사점”, 『해양수산 현안분석』, pp.2-5.
- 27) 해양수산부(2002), 『해양수산백서』, pp.273-309.
- 28) _____(2002), 『항만산업의 경제적 파급효과에 관한 연구』, p.66.
- 29) Aigner D. J. , Lovell C. A. K. and Schmidt P.(1977), “Formulation and Estimation of Stochastic Production Models”, *Journal of Econometrics*, Vol. 6, pp.21-37.
- 30) Baird A. J.(1999), “Container Vessels of the Next Generation : Are Seaport Ready to Face the Challenges,” *21rd IAPH World ports conference*.
- 31) Banos J., Coto P. and Rodriguez A.(1999), "Allocative Efficiency and Over-capitaliation : an Application", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 2, pp.181-199.
- 32) Battese G. E. and Coelli T. J.(1988), “Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data”, *Journal of Econometrics*, Vol. 38, pp.387-399.
- 33) _____(1992), “Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data : With Application to Paddy Farmers in India”, *Journal of Productivity Analysis*, pp.153-169.
- 34) Charnes A., Cooper W. W. and Rhodes E.(1978), “Measuring the Efficiency of Decision-Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp.429-444.
- 35) *Containerisation International Yearbook*(1999-2003).
- 36) Cornwell C., Schmidt P. and Sickles R. C.(1990), “Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels”,

Journal of Econometrics, Vol. 46, pp.185-200.

- 37) Coto P., Banos J. and Rodriguez A.(2000), "Economic Efficiency in Spanish Ports : some Empirical Evidence", *Maritime Policy and Management*, No. 27, Vol. 2, pp.169-174.
- 38) Cullinane K. and Khanna M.(2000), "Economies of Scale in Large Containership : Optimal Size and Geographical Implication", *Journal of Transport Geography*, pp.181-195.
- 39) Cullinane K., Song D. W. and Gray R.(2002), "A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia : assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures", *Transport Research Part A*, pp.743-762.
- 40) Dowd, T. J. and Leschine, T. M.(1990), "Container terminal productivity : a perspective", *Maritime Policy & Management*, Vol. 17, No. 2, pp.107-112.
- 41) Drewry Shipping Consultants Ltd.(2002), *Global Container Terminals*, pp.122-227.
- 42) Farrell M. J.(1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A(120), pp.253-290.
- 43) Forsund F. R. , Lovell C. A. K. and Schmidt P.(1980), "A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement", *Journal of Econometrics*, Vol. 13, pp.5-25.
- 44) Greene W. H.(1995), *LIMDEP (Version 7.0) User's Manual*, Econometric Software Inc, Castle Hill, Australia.
- 45) Gustaf De Monde(2003), "New Partnerships within Ports", *23rd IAPH World ports conference*.
- 46) Hatry H. and Fisk D. M.(1992), "Measuring Productivity in the

- Public Sector”, *In Public Productivity Handbook*, Edited by Marc Holzer, New York : Marcel Dekker Inc.
- 47) Hayuth Y. and Roll Y.(1993), “Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis(DEA)”, *Maritime Policy and Management*, No. 20, Vol. 2, pp.153-161.
- 48) Jan Ondrich and John Ruggiero(2001), “Efficiency Measurement in the Stochastic Frontier Model”, *European Journal of Operation Research*, Vol. 129, pp.436-439.
- 49) Kumbhakar S. C. (1990), “Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency”, *Journal of Econometrics*, Vol. 46, pp.201-212.
- 50) _____(1991), “The Measurement and Decomposition of Cost Efficiency : The Translog Cost System”, *Oxford Economic Papers*, pp.667-683.
- 51) Kumbhakar S. C., Ghosh S. and McGuckin J. T.(1991), “A Generalized Production Frontier Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in US Dairy Farms”, *Journal of Business and Economic Statistics*, pp.279-286.
- 52) Leibenstein H.(1976), *Beyond Economic Man*, Cambridge, MA : Harvard University Press.
- 53) Leschine D.(1990), “Container Terminal Productivity”, *Maritime Policy and Management*, No. 17, pp.107-112.
- 54) Liu Z.(1995), “The Comparative Performance of Public and Private Enterprises”, *Journal of Transport Economics and Policy*, pp.263-274
- 55) Lovell C. A. K.(1993), *Production Frontier and Productive Efficiency in the Measurement of Productive Efficiency*, Techniques and

Applications, Edited by Lovell C. A. K. and Schmidt P.(New York: Oxford University Press). p.4.

- 56) _____(1996), "Applying Efficiency Measurement Techniques to the Measurement of Productivity Change", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 7, pp.329-340.
- 57) Martinez E., Diaz R., Navavro M. and Ravelo T.(1999), "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 2, pp.237-253.
- 58) Meeusen W. and Van den Broeck J.(1977), "Efficiency Estimation from Cobb Douglas Production Function with Composed Error", *International Economic Review*, Vol. 18, pp.435-444.
- 59) Metcalfe. les and Richards S.(1987), *Improving Public Management London*, Sage Publications.
- 60) Notteboom T., Coeck C. and Van den Broeck J.(2000), "Measuring and Explaining the relative Efficiency of Container Terminals by means of Bayesian Stochastic Frontier Models", *Journal of Maritime Economics & Logistics*, Vol. 2, pp.83-106.
- 61) Ocean Shipping Consultants(2003), *Gwangyang Phase III Market Study*, pp.26-29.
- 62) Pino J. B. and Alvarez R.(2000), "Economic efficiency in Spanish Ports : some empirical evidence", *Maritime Policy and Management*, Vol. 27, pp.169-174.
- 63) Pitt M. M. and Lee L. F.(1981), "Measurement and Sources of Technical Inefficiency in the Indonesian Weaving Industry", *Journal of Development Economics*, vol. 9, pp.43-64.

- 64) Reifschneider D. and Stevenson R.(1991), "Systematic Departures from the Frontier : A Framework for the Analysis of Firm Inefficiency", *International Economic Review*, Vol. 32, pp.715-723.
- 65) Rizvi Z. H.(2003), "Problems Posed by Larger Container Vessels for Ports, Innovation and Possible Solutions," *23rd IAPH World Ports Conference*.
- 66) Schmidt P. and Lovell C. A. K.(1979), "Estimating Technical and Allocative Inefficiency Relative to Stochastic Production and Cost Frontiers", *Journal of Econometrics*, Vol. 9, pp.343-366.
- 67) Schmidt P. and Sickles R. C.(1984), "Production Frontiers and Panel Data," *Journal of Business and Economic Statistics*, pp.367-374.
- 68) Schmidt P.(1985), "Frontier Production Functions," *Econometrics Reviews*, Vol. 4, pp.289-328.
- 69) Starling and Grover(1986), *Managing in the Public sector chicago*, The Dorsey Press.
- 70) Tongzon J.(1995), "Determinants of Port Performance and Efficiency", *Transportation Research Part A*, Vol. 29, No.3, pp.245-252.
- 71) _____(2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports using Data Envelopment Analysis", *Transportation Research Part A*, Vol. 35, pp.113-128.
- 72) UNCTAD(2001), "*Review of maritime transport*", pp.68-72.
- 73) United Nations(2002), *Comparative analysis of port tariffs in the ESCAP regions*, pp.37-41.
- 74) Watanabe I.(1999), *Container Planning - A Theoretical Approach*, World Cargo, p.158.

기타 참고자료

1. <http://www.yict.com.cn> : Shenzhen - Yantian
2. <http://www.sctport.com.cn> : Shanghai
3. <http://www.westport.com.my> : Port Klang
4. <http://www.mictweb.com> : Manila
5. <http://www.psa.com.sg> : Singapore
6. <http://www.conshipitalia.com> : Gioia Tauro
7. <http://www.tptc.or.jp> : Tokyo
8. <http://www.slpa.lk> : Sri Lanka Port Authority - Colombo
9. <http://www.lcp.pat.or.th> : Laem Chabang Port
10. <http://www.eurogate.de> : Hamburg - Eurogate
11. <http://www.modernterminals.com> : Hong Kong - MTL
12. <http://www.hkcto.com> : Hong Kong - Kwaichung Terminal
13. <http://www.apmterminals.com> : APM Terminals
14. <http://www.csxwt.com> : CSXWT
15. <http://www.dpa.co.ae> : Dubai Port Authority
16. <http://www.hph.com.hk> : Hutchison Port Holdings
17. <http://www.ictsi.com> : Manila
18. <http://portal.pohub.com> : P&O Ports
19. <http://www.salalahport.com> : Salalah
20. <http://www.hit.com.hk> : Hong Kong - HIT
21. <http://www.qdport.com> : Qingdao Port Authority
22. <http://www.ytport.com> : Shenzhen Port
23. <http://www.bus.ucf.edu/limdep> : LIMDEP

24. http://www.limdep.com/On_Line_Help/limindex.htm : LIMDEP Manual
25. <http://www.worldbank.org/transport> : World Bank - Port & Logistics
26. <http://www.ci-online.co.uk> : Containerisation International Online
27. <http://www.unescap.org> : UNESCAP - Port Information
28. <http://www.global.co.kr> : 세방기업
29. <http://www.shinsundae.co.kr> : 신선대 터미널
30. <http://www.hanjin.com> : 한진해운
31. <http://www.hktl.com> : 한국허치슨터미널
32. <http://www.kca.or.kr> : 한국컨테이너부두공단
33. <http://www.kmi.re.kr> : 한국해양수산개발원
34. <http://www.mardep.gov.hk> : 홍콩항만부
35. <http://www.utc21.co.kr> : 우암터미널

감사의 글

부족한 자질을 바로 세워주시고, 용기와 희망을 주시고 끝까지 달려올 수 있도록 아낌없는 사랑과 훈계로 사람됨을 지도해주신 광규석 교수님께 무한한 존경과 감사를 드립니다.

언제나 관심과 조언으로 지도해주신 남기찬 교수님과 항상 밝은 표정으로 격려를 해주신 신재영 교수님, 논문과정을 확인해주신 문성혁 교수님, 논문의 틀을 고쳐주시고 꼼꼼히 검토해주신 김재봉 교수님께도 감사드립니다. 그리고 많은 학문적 기초를 닦아주신 이철영 교수님, 신창훈 교수님, 김환성 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

항상 가족같이 챙겨주신 기섭이형, 친구처럼 든든한 후원자 경찬선배, 무엇보다 같이 고생한 근섭, 필요한 자료를 잘 챙겨준 남종, 그 외 묵묵히 지지를 해준 꼴통가족들과 대학원 많은 후배님들에게도 감사의 말을 전합니다. 아울러 인정 많고 친형같은 김두환 차장님, 많은 조언을 해주신 신봉근, 정태원 박사님, 배려를 해주신 정용호 원장님, 이환경 연구원에게도 감사드립니다. 또한 학교생활이나 사회생활에서 도움과 가르침을 준 많은 선후배님께도 한분, 한분 나열을 못하지만 감사드립니다.

특히 칠십 평생 고생하시고, 막내아들이 잘되기만을 바라시던 어머니, 하늘에서 지켜봐주시는 아버지, 어릴 적부터 자식처럼 돌봐주신 큰형수님, 물심양면으로 도와주신 장인.장모님과 모든 가족에게 이 논문을 바칩니다. 언제나 옆에서 뒤바라지 하느라 재미없게 살아온 사랑하는 아내와 우리집 보물로 아빠에게 즐거움을 주고 있는 담희에게 고마운 마음을 동시에 전합니다.

이제 하나의 과정을 거치면서 주위분들께 모두 감사함을 다시금 느끼며, 변함없는 애정과 지도로 이끌어 주시길 바라며, 자그마한 결실을 바칩니다.