

經營學碩士 學位論文

우리나라 컨테이너터미널의 효율성
분석에 관한 연구

A Study on the Efficiency Analysis
of Container Terminals in Korea

指導教授 柳 東 瑾

2007年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海運經營學科

朴 炳 根

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 목적 및 구성	2
제 2 장 컨테이너 항만의 주요 환경변화	4
2.1 컨테이너 항만의 환경변화	4
2.2 국내 컨테이너 전용 터미널 현황 및 개발계획	11
2.3 향후 전망	16
제 3 장 이론적 고찰	18
3.1 효율성의 개념 및 측정방법	18
3.2 DEA모형	19
3.3 관련연구 고찰	22
제 4 장 터미널의 효율성 분석	25
4.1 분석 대상	25
4.2 변수 선정	26
4.3 DEA-CCR모형에 의한 효율성 분석	30
4.4 DEA-BCC모형에 의한 효율성 분석	40
4.4 비효율적인 DMU에 대한 효율성 개선 방안	48
제 5 장 효율성 변화 분석	53
5.1 컨테이너터미널의 효율성 변화 분석	53
5.2 연구의 결과 및 의미	61

제 6 장 결론 및 향후 연구방향	67
6.1 결 론	67
6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향	69
참고문헌	70

표 목 차

<표 2-1> 세계 교역구조의 변화	4
<표 2-2> 동북아시아 교역구조의 변화	5
<표 2-3> 세계 20대 컨테이너 항만 처리량 변화	6
<표 2-4> 중국 주요항만의 컨테이너 처리실적 추이	7
<표 2-5> 포스트 파나마스(Post Panamax)급 컨테이너선의 운항 현황	9
<표 2-6> 컨테이너 선박규모별 운항척수 및 선복량 전망	10
<표 2-7> 국내 항만 컨테이너 화물 처리실적 추이 및 집중도 현황	11
<표 2-8> 국내 항만별 환적화물 처리실적 추이	12
<표 2-9> 부산항 컨테이너 전용부두 시설현황	13
<표 2-10> 광양항 1단계 터미널 시설 현황	14
<표 2-11> 광양항 2-1단계 터미널 선석별 시설 현황	14
<표 2-12> 광양항 2-2단계 터미널 선석별 시설 현황	15
<표 2-13> 신항 개발계획	15
<표 2-14> 광양항 컨테이너터미널 개발계획	16
<표 2-15> 세계 대륙별 물동량 전망	17
<표 3-1> 항만의 효율성 분석을 수행한 선행연구	24
<표 4-1> 2005년 기준 국내 컨테이너터미널 현황	27
<표 4-2> 분석자료 기술통계량(2005년 기준)	28
<표 4-4> 투입 및 산출요소의 상관관계 분석 결과(2005년 기준)	30
<표 4-3> 분석대상 터미널	31
<표 4-5> 2005년 자성대 부두의 세부 효율성 분석(CCR)	49
<표 4-6> 2005년 신선대 부두의 세부 효율성 분석(CCR)	49
<표 4-7> 2005년 광양1단계 세방 부두의 세부 효율성 분석(CCR)	49
<표 4-8> 2005년 광양2-1단계 동부 부두의 세부 효율성 분석(CCR)	50
<표 4-9> 2005년 우암 부두의 세부 효율성 분석(BCC)	50
<표 4-10> 2005년 감만 허치슨 부두의 세부 효율성 분석(BCC)	51
<표 4-11> 2005년 감천 부두의 세부 효율성 분석(BCC)	51
<표 4-12> 2005년 광양2-1단계 KIT 부두의 세부 효율성 분석(BCC)	51
<표 5-1> DEA-BCC모형 효율성 분석 결과(1998 ~ 2005년)	55
<표 5-2> DEA-CCR모형과 DEA-BCC모형간 효율성값 비교(1998 ~ 2005년) ·	60
<표 5-3> 신규개장부두의 효율성 분석 결과(BCC분석)	61
<표 5-4> 항만운영 주체별 효율성 분석 결과(BCC분석)	63

그 립 목 차

<그림 2-1> 중국 주요항만의 개발계획	8
<그림 4-1> 연도별 투입변수 및 산출변수 평균치 증감 추이	29
<그림 4-2> 1998년도 효율성 분석 결과(CCR)	32
<그림 4-3> 1999년도 효율성 분석 결과(CCR)	33
<그림 4-4> 2000년도 효율성 분석 결과(CCR)	34
<그림 4-5> 2001년도 효율성 분석 결과(CCR)	35
<그림 4-6> 2002년도 효율성 분석 결과(CCR)	36
<그림 4-7> 2003년도 효율성 분석 결과(CCR)	37
<그림 4-8> 2004년도 효율성 분석 결과(CCR)	38
<그림 4-9> 2005년도 효율성 분석 결과(CCR)	39
<그림 4-10> 1998년도 효율성 분석 결과(BCC)	40
<그림 4-11> 1999년도 효율성 분석 결과(BCC)	41
<그림 4-12> 2000년도 효율성 분석 결과(BCC)	42
<그림 4-13> 2001년도 효율성 분석 결과(BCC)	43
<그림 4-14> 2002년도 효율성 분석 결과(BCC)	44
<그림 4-15> 2003년도 효율성 분석 결과(BCC)	45
<그림 4-16> 2004년도 효율성 분석 결과(BCC)	46
<그림 4-17> 2005년도 효율성 분석 결과(BCC)	47
<그림 5-1> 효율성 변화 추이(CCR, DMU1~7)	53
<그림 5-2> 효율성 변화 추이(CCR, DMU8~15)	54
<그림 5-3> 효율성 변화 추이(BCC, DMU1~7)	56
<그림 5-4> 효율성 변화 추이(BCC, DMU8~15)	57
<그림 5-5> CCR과 BCC 효율성 지수 평균 비교	58
<그림 5-6> 신규개장부두의 항만별 효율성 변화 추이(BCC)	62
<그림 5-7> 항만운영 주체별 효율성 변화 추이(BCC)	64

A Study on the Efficiency Analysis of Container Terminals in Korea

Park, Byung Keun

*Department of Shipping Management
Graduate School of Korea Maritime University*

Abstract

The purpose of this study is to analyse the relative efficiencies of the container terminal operation in the port of Busan and Gwangyang using Data Envelopment Analysis(DEA). Applying mathematical programming techniques, DEA enables relative efficiency ratings to be derived within a set of analysed units. Thus it does not require the development of 'standard' against which efficiency is measured. Such standards can be incorporated in the DEA analysis. The efficiency of units is compared with an 'efficiency envelope' that contains the most efficient units in the group. The DEA efficient ratings can be a useful tool for port managers and for researchers, providing a deeper insight into port performance.

This paper investigates the efficiency employing DEA-CCR model and DEA-BCC model on data for 15 container terminals covering 1998~2005 in Korea. It also investigates the change in productivity for 8 years.

The results of this study show terminals in Busan were evaluated more efficient compared with terminals in Gwangyang. The Korea Express Terminal located in Gwangyang was identified as more efficient terminal among terminals in Gwangyang.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경

최근 경제지역의 블록화, 경제규모의 지속적인 확대, 자유무역의 활성화 증대 등으로 국가간 교역량이 증가하고 있다. 이에 따라 국제무역의 주요 수단인 해상화물운송시장의 성장이 두드러지고 있으며, 해상운송화물의 중심을 이루고 있는 컨테이너 물동량도 꾸준히 증가하고 있다.

우리나라의 부산항은 최근 세계 컨테이너 항만 중 물동량 처리순위가 2005년 기준 5위의 대형 항만으로서, 동북아시아의 성장과 더불어 지속적인 성장을 보이고 있는 항만이다. 또한 동북아시아에 위치한 경쟁항만들과 컨테이너 물동량을 유치하기 위한 치열한 경쟁 상황에 처해 있다.

부산항의 경우, 이미 부산항에 속해 있는 모든 컨테이너터미널들이 민영화가 실현되었으며, 기타 세계 항만들도 글로벌 터미널 운영사 및 자국의 민영회사가 터미널을 운영하고 있는 실정이다. 이로써, 항만의 비영리적, 공영적 운영이라는 기존의 항만 운영 패러다임을 벗어나 전 세계 모든 국가의 컨테이너 항만은 영리적, 효율적 운영이라는 새로운 패러다임으로 변화하고 있다. 이에 항만의 효율성 측정에 대한 중요성이 증대되었고, 자국의 항만에 대한 내부적인 효율성 평가 방법과 더불어 세계 항만들 간의 상대적 효율성을 분석함으로써, 항만의 현재 효율성 수준을 정확히 파악하여 이를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하는 연구의 필요성이 대두되고 있다.

기존의 항만 효율성 평가 방법에 관한 연구들은 다양한 방법론을 이용하여 항만의 효율성 분석을 실시하여 왔다. 그러나 상대적 효율성을 측정하기 위한 대상 선정에 항만에 포함된 각각의 컨테이너터미널 운영사들을 대상으로 한 연구들은 제한적으로 이루어져 왔다. 따라서, 항만의 효율성을 정확히 파악하기 위해 우리나라 컨테이너 전용 터미널을 운영사별로 분석할 필요성이 대두되고 있다. 기존 문헌들은 일정시점의 효율성 분석을 주

로 수행하고 있다. 각 터미널의 보다 정확한 효율성 분석을 위해서는 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 살펴봄으로써, 효율성의 변화 패턴 및 효율성 변화의 원인을 찾는 연구가 진행될 필요성이 있다.

1.2 연구의 목적 및 구성

본 논문에서는 분석 대상들을 효율적인 대상과 비효율적인 대상으로 구분하고 비효율적인 대상들이 효율적인 대상에 비해 상대적으로 얼마나 비효율적인지에 대한 구체적인 정보와 효율적이 되기 위한 방안에 대한 정보를 제시하여 줄 수 있는 DEA(Data Envelopment Analysis) 방법론을 통해 국내 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 터미널 간의 효율성을 분석하고자 한다.

또한, 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 살펴보기 위해 1998년에서 2005년까지의 각 연도별 효율성 분석을 통하여 효율성 변화에 대한 보다 면밀한 분석을 실시하고자 한다. 이러한 분석을 실시하고자 하는 본 논문의 주요한 목적은 다음과 같다.

첫째, 기존의 비용함수나 비효율분석을 통한 컨테이너 항만의 효율성 분석과는 다른 평가기법인 DEA방법을 통해 우리나라 15개 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 8개년(1998년~2005년)에 대한 효율성 분석을 실시한다. 이를 위한 DEA방법론은 크게 두 가지로 구분되어지는데, 규모의 수익불변을 가정한 CCR¹⁾모형과 규모의 수익이 변하는 것을 가정으로 한 BCC²⁾모형이다. 두 가지 모형을 통해 효율성을 분석하고 각 효율성 분석 결과 및 결과의 차이를 살펴보고자 한다. 둘째, 1998년~2005년까지의 시간의 흐름에 따른 효율성 증감을 분석하여 우리나라 컨테이너터미널의 효율성 변화를 살펴보고자 한다. 이를 통해 시간의 흐름에 따라 효율성이 증대되고 있

1) Charnes, Cooper and Rodes(1978)가 제시한 DEA모형

2) Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper(1984)가 제시한 DEA모형

는 터미널들과 그렇지 않은 터미널들을 구분하여 살펴 볼 수 있을 것이다. 마지막으로 실증분석을 통한 결과를 종합하여 항만 개발자, 항만 운영사, 대형선사 및 글로벌 터미널 운영사 등에게 항만 운영의 효율성 평가결과와 효율성 개선이 필요한 항만과 효율성이 높은 벤치마킹 대상 항만을 제시하는 등의 시사점을 제시하고자 한다.

본 논문에서는 상대적 효율성 분석을 실시하고자 우리나라 부산항, 광양항에 속한 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 효율성 분석을 실시하였다. 각 터미널의 자료는 1998년~2005년까지 연차별로 구성되어 있으며, 각 연도별 효율성 분석을 실시하고, 시간의 흐름에 따른 효율성 변화의 증감을 살펴보고자 한다.

본 논문은 총 6개의 장으로 구성되어 있다. 제 1장에서는 연구의 배경과 목적에 대해서 간략히 서술하였으며, 제 2장에서는 컨테이너 항만의 주요 환경변화에 대하여 살펴보았다. 제 3장에서는 방법론과 본 연구와 관련된 선행연구를 고찰하였고, 제 4장에서는 컨테이너터미널의 효율성 분석을 수행하였다. 제 5장에서는 시간에 흐름에 따른 컨테이너터미널의 효율성 변화를 살펴보았다. 마지막으로 제 6장에서는 실증분석을 통해 얻은 결론을 바탕으로 시사점을 제시하였으며, 본 연구의 한계점과 향후 연구 방향에 대해서 간략히 언급하였다.

제 2 장 컨테이너 항만의 주요 환경변화

2.1 컨테이너 항만의 환경변화

세계적으로 경제규모가 확대되면서 국가간 및 경제블럭간 교역규모는 지속적으로 증가하고 있는 상황이며, 특히 중국의 경제성장은 글로벌 환경 및 세계경제에 있어 커다란 변화를 예고하고 있다.

세계 교역구조는 지난 10여 년간 북미, 유럽, 아시아를 중심으로 한 삼극 체제를 유지해 오고 있다. 2004년의 세계교역규모는 18조 950억달러로 1994년의 8조 7,520억달러에 비해 약 두 배(106.8%) 정도 증가하였다. 지역별로 세계 교역에서 차지하는 비중을 살펴보면 2004년 유럽의 비중이 45.1%로 1994년의 42%보다 3.1% 포인트 확대된 반면, 같은 기간 동안 북미와 아시아 지역의 비중은 각각 17.4%에서 16.3%, 27.1%에서 25.4%로 상대적으로 축소되었다. 그러나 중국이 포함된 동북아시아의 비중은 1994년의 18.3%에서 2004년 19.6%로 증가되었다.

<표 2-1> 세계 교역구조의 변화

단위: 10억US\$, %

구분	1994년				2004년			
	수출	수입	합계	비중	수출	수입	합계	비중
세계	4,326	4,426	8,752	100	8,880	9,215	18,095	100
북미 ¹⁾	678	845	1,523	17.4	1,141	1,802	2,943	16.3
유럽 ²⁾	1,843	1,833	3,676	42.0	4,024	4,133	8,157	45.1
아시아	1,228	1,147	2,375	27.1	2,385	2,214	4,599	25.4
동북아시아 ³⁾	859	744	1,603	18.3	1,860	1,681	3,541	19.6
기타	577	601	1,178	13.5	1,330	1,066	2,396	13.2

주: 1) 북미-미국, 캐나다 2) 유럽-동유럽 및 CIS국가 제외 3) 동북아시아-한국, 중국, 홍콩, 일본, 대만
 자료: WTO, International Trade Statistics 2004 & World Trade Report 2005

아시아에서 한국, 중국, 홍콩, 일본, 대만 등 동북아시아 5개국이 차지하는 교역비중은 1994년에 67.5%였으나, 2004년에는 77%까지 증가하였다. 또한, 동북아시아 5개국 가운데 특히 중국의 교역비중은 1994년 14.8%였던 것에 비해 2004년에는 32.6%로 가장 큰 성장세를 보여주고 있다.

<표 2-2> 동북아시아 교역구조의 변화

단위: 10억US\$

지역	1994년				2004년			
	수출	수입	합계	비중	수출	수입	합계	비중
아시아전체	1,228	1,147	2,375	100	2,385	2,214	4,599	100
동북아시아	859	744	1,603	67.5	1,860	1,681	3,541	77.0
한국	96	102	198	12.4	254	224	478	13.5
중국	121	116	237	14.8	593	561	1,154	32.6
홍콩	151	166	317	19.8	266	273	539	15.2
일본	397	275	672	41.9	566	455	1,021	28.8
대만	94	85	179	11.2	181	168	349	9.9

자료: WTO, International Trade Statistics 2004 & World Trade Report 2005

우리나라도 동북아시아 내 교역비중이 1994년 12.4%에서 2004년 13.5%로 다소 상승하였다. 한편, 이 기간 중 일본, 홍콩, 대만의 동북아시아 내 교역비중은 상대적으로 약화되었으며, 그 중에서도 특히 일본의 비중이 1994년 41.9%에서 2004년 28.8%로 가장 크게 감소한 것으로 나타났다.

국가간 교역의 대부분은 해상경로를 통하여 이루어지고 있으며, 화물의 단위화 즉, 컨테이너화는 해상운송의 합리화에 있어서 중요한 요소로 각광받고 있다. 따라서 해상운송물량에 있어서 컨테이너 화물이 차지하는 비중은 점차 높아지고 있는 추세이다.

이러한 상황은 해상운송의 핵심이 되는 항만으로서의 컨테이너 전용부두의 개발 확대로, 정기선사로서는 컨테이너선의 대형화로 귀결되고 있다.

세계 20대 항만의 컨테이너 화물 처리량 변화를 살펴보면, 1994년 기준 20대 항만의 총 처리량은 약 6천 5백만TEU 이었으나, 2004년의 총 처리량은 약 1억 6천만TEU로 10년 동안 약 2.5배의 물량이 증가하였다는 것을 알 수 있다. 또한, 1994년에는 고베, 요코하마 등 일본항만이 20대 항만에 다수 들었으나, 2004년에는 상하이(3위), 선전(4위), 칭다오(14위), 닝보(17위), 톈진(18위) 등 중국항만들이 20대 항만에 들고 있는 것을 알 수 있다.

<표 2-3> 세계 20대 컨테이너 항만 처리량 변화

단위: 천TEU

순위	1994년		2004년	
	항만명	처리량	항만명	처리량
1	홍콩	11,050	홍콩	21,932
2	싱가포르	10,399	싱가포르	20,600
3	카오슝	4,990	상하이	14,557
4	로테르담	4,539	선전	13,650
5	부산	3,213	부산	11,430
6	고베	2,916	카오슝	9,710
7	함브르크	2,726	로테르담	8,300
8	롱비치	2,574	로스엔젤레스	7,321
9	로스엔젤레스	2,519	함브르크	7,003
10	요코하마	2,317	두바이	6,429
11	앤티워프	2,208	앤티워프	6,064
12	기룽	2,035	롱비치	5,800
13	뉴욕뉴저지	2,034	포트켈랑	5,244
14	두바이	1,882	칭다오	5,140
15	도쿄	1,805	뉴욕뉴저지	4,400
16	펠릭스토우	1,734	탄중펠레파스	4,020
17	산주안	1,522	닝보	4,006
18	브레멘	1,503	톈진	3,814
19	마닐라	1,502	람차방	3,624
20	오클랜드	1,491	도쿄	3,580
합계		64,959		160,195

자료: Containerisation International Yearbook 1996 & Containerisation International, March 2005

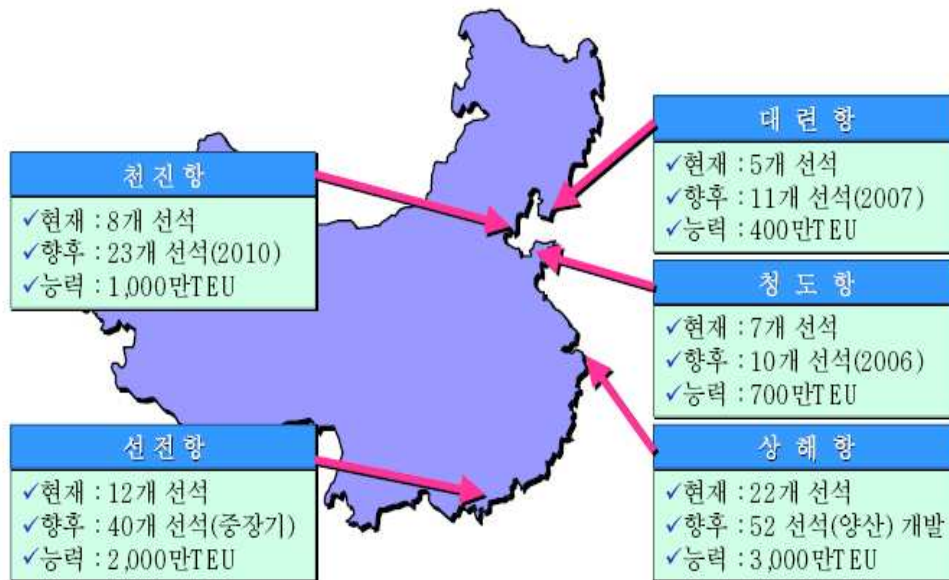
특히, 중국은 최근의 급격한 경제성장과 과감한 항만투자로 인하여 상하이항, 선전항을 비롯한 다수 항만들의 컨테이너 처리량이 급격하게 증가하고 있으며, 연평균 증가율이 평균 30% 정도를 보이고 있다. 중국의 항만개발 계획을 감안한다면 향후 지속적으로 처리량이 증가할 것으로 예상된다.

<표 2-4> 중국 주요항만의 컨테이너 처리실적 추이

단위 : 천TEU

순위	항 만	2004년	2003년	2002년	연평균 증가율(%)	
					'02~'04	'03~'04
1	Shanghai	14,557	11,283	8,610	30.0	29.0
2	Shenzhen	13,650	10,615	7,614	33.9	28.6
3	Qingdao	5,140	4,239	3,410	22.8	21.2
4	Ningbo	4,006	2,772	1,860	46.7	44.5
5	Tianjin	3,814	3,015	2,410	25.8	26.5
6	Xiamen	2,872	2,331	1,750	28.1	23.2
7	Guangzhou	3,308	2,762	2,180	23.2	19.8
8	Dalian	2,210	1,630	1,352	27.9	35.6
9	Zhongsan	1,004	750	640	25.2	33.9
10	Fuzhou	700	580	480	20.8	20.7
	합 계	51,260	39,977	30,306	30.1	28.2

자료 : Containerisation International 2005.3 / 인터넷



자료 : 한국컨테이너부두공단(2004.1), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구

<그림 2-1> 중국 주요항만의 개발계획

컨테이너 선박의 대형화 추세를 살펴보면, 컨테이너 선박의 최대선형 규모는 1960년대 말에는 2,000TEU급에도 미치지 못하였으나 1970년대 초에는 3,000TEU급이 출현하였으며, 1980년대 중반 이후 4,300TEU의 포스트 파나막스(Post Panamax)급 선박이 운항을 개시하였다. 1990년대 중반 이후 다시 대형화가 급속하게 진전됨에 따라 1996년 6,000TEU의 슈퍼 포스트 파나막스(Super Post Panamax)급 출현을 시작으로 1997년에 6,600TEU급 그리고 2001년에는 7,500TEU급 선박이 운항을 시작하였다.

현재 세계 정기선 항로에서 운항 중인 포스트 파나막스급 컨테이너 선박은 2000년 137척(76만TEU)에서 2002년에는 250척(142만TEU)로, 2004년에는 352척(204만TEU)으로 증가하여 1994년~2004년 기간 동안 연평균 33.2%, 2001년~2004년 기간 동안에는 연평균 20.8%의 증가율을 보이고 있다.

<표 2-5> 포스트 파나마스(Post Panamax)급 컨테이너선의 운항 현황

구분	척수	선복량(TEU)	평균선형(TEU)
1994	15	66,207	4,414
1995	32	147,080	4,596
1996	53	263,319	4,968
1997	73	374,283	5,127
1998	90	479,060	5,323
1999	105	569,404	5,423
2000	137	756,616	5,523
2001	201	1,126,628	5,605
2002	250	1,422,663	5,691
2003	268	1,541,519	5,752
2004	352	2,036,960	-
연평균증가율(94 ~ 04)	33.2	36.5	-
연평균증가율(00 ~ 04)	20.8	21.9	-

자료 : Drewry Shipping Consultants Ltd, Post-Panamax : The Next Generation, August, 2001.
& BRS(Barry Rogliano Salles), Liner Shipping Report, Jan. 2004.

최근 주요 정기선사들은 중국의 급속한 물동량 증가와 더불어 세계 컨테이너 물동량 및 아시아 기점 원양항로의 수급 불균형에 대비하고자 8,000TEU급 컨테이너 선박을 중심으로 신조선 발주를 증가시키고 있으며, 이로 인해 세계 컨테이너 선박의 선복량도 과거에 비해 급격하게 커지고 있는 추세이다.

2005년 1월 기준, 전 세계 운항 중인 컨테이너 선박 총 3,375척 중 7,000TEU급 이상의 대형 컨테이너 선박은 49척으로 전체의 1.4%를 차지하고 있으며, 현재 주력 선형인 5,000TEU급 이상의 컨테이너 선박도 294척으로 전체의 8.7%에 달하고 있다.

2005년 1월 기준, 운항 예정인 7,500TEU급 이상의 컨테이너 선박 수는 49척이며 2007년에는 138척, 2009년에는 226척(195만TEU)이 될 것으로 보이며, 2009년 7500TEU급 이상 선박의 선복량은 세계 컨테이너 선박 중 척수 기준 4.7%, 선복량 기준 15.9%에 이를 전망이다.

<표 2-6> 컨테이너 선박규모별 운항척수 및 선복량 전망

구분	2005		2006		2007		2008		2009		연평균 증가율
	척수	TEU	척수	TEU	척수	TEU	척수	TEU	척수	TEU	
7,500 TEU 이상	49	394,180	83	677,563	138	1,164,854	184	1,579,480	226	1,959,470	49.3%
5,000~7,499TEU	271	1,574,722	311	1,796,700	348	2,018,531	396	2,302,823	460	2,679,552	14.2%
4,000~4,999TEU	269	1,185,409	310	1,365,551	350	1,537,391	394	1,733,545	458	2,013,949	14.2%
3,000~3,999TEU	259	878,273	266	900,167	284	959,798	319	1,077,637	334	1,128,909	6.5%
2,000~2,999TEU	548	1,361,984	594	1,483,581	661	1,663,407	737	1,862,164	783	1,983,427	9.9%
1,500~1,999TEU	425	716,696	445	749,559	474	800,190	524	886,968	571	970,129	7.9%
1,000~1,499TEU	520	616,964	552	653,741	616	728,193	671	792,029	684	807,249	7.0%
500~999TEU	627	447,024	680	489,466	750	548,573	835	615,680	859	635,593	9.2%
100~499TEU	392	123,934	392	123,934	392	123,934	392	123,934	392	123,934	0.0%
전체	3,360	7,299,186	3,633	8,240,262	4,013	9,544,871	4,452	10,974,260	4,767	12,302,212	13.9%

자료 : BRS-Alphaliner Database, 2005. 12

2.2 국내 컨테이너 전용 터미널 현황 및 개발계획

컨테이너 해운시장의 확대는 세계 주요 항만들의 컨테이너 전용부두 개발 확대와 컨테이너 선박의 대형화로 이어지고 있으며, 이러한 상황은 국내의 컨테이너 항만에도 영향을 미치고 있다.

국내에서 컨테이너 전용부두를 보유한 항만은 부산항을 우선적으로 꼽을 수 있으며, 부산항은 우리나라의 대표적인 항만으로서 앞서 본 바와 같이 2005년 컨테이너 처리량 기준 세계 제 5위의 항만이다. 이와 더불어 처리량 면에서 부산항에 크게 미치지 못하지만 광양항 또한 컨테이너 항만으로 서 지속적으로 개발 및 운영되고 있다.

우리나라 항만의 컨테이너 화물 총 처리실적을 살펴보면, 2004년 기준으로 약 1,450만TEU이며, 지속적으로 증가추세에 있다. 또한, 전국항만 대비 부산항의 컨테이너물동량 처리 비중이 가장 높으며, 다음으로는 광양항, 인천항 순인 것을 알 수 있다.

<표 2-7> 국내 항만 컨테이너 화물 처리실적 추이 및 집중도 현황

단위 : TEU, %

구분	전국	부산항	광양항	인천항	울산항	기타항
2000년 (비중)	9,116,448 (100)	7,540,387 (82.7)	642,230 (7.0)	611,261 (6.7)	236,296 (2.6)	86,274 (1.0)
2001년 (비중)	9,990,111 (100)	8,072,814 (80.8)	855,310 (8.6)	663,042 (6.6)	258,468 (2.6)	140,477 (1.4)
2002년 (비중)	11,889,798 (100)	9,453,356 (79.5)	1,080,333 (9.1)	769,791 (6.5)	276,537 (2.3)	309,781 (2.6)
2003년 (비중)	13,185,867 (100)	10,407,809 (78.9)	1,184,842 (9.0)	821,071 (6.2)	318,279 (2.4)	453,866 (3.4)
2004년 (비중)	14,523,138 (100)	11,491,968 (79.1)	1,321,865 (9.1)	934,954 (6.4)	302,870 (2.1)	471,481 (3.2)

자료 : 한국컨테이너부두공단(2005.8), 2004년도 컨테이너 화물 유통추이 및 분석

국내 항만별 환적화물 처리실적을 살펴보면, 부산항과 광양항이 국내 환적화물의 대부분을 처리하고 있는 것을 알 수 있다. 또한 환적화물 처리량 증가율이 매년 증가하고 있으며, 전국 총물량 대비 점유율 또한 매년 증가하고 있다.

<표 2-8> 국내 항만별 환적화물 처리실적 추이

단위 : TEU, %

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	
전 국 계 (증가율)	2,454,101 (47.8)	3,110,783 (26.8)	4,204,545 (35.2)	4,598,367 (9.4)	5,158,203 (12.2)	
광 양 항	광 양 계 (증가율)	64,129 (2.6)	165,727 (5.3)	314,355 (7.5)	343,888 (9.4)	359,910 (4.7)
	광양 1단계 (비중)	64,129 (100)	165,727 (100)	308,826 (98.2)	328,312 (95.5)	319,149 (88.7)
	광양 2단계 (비중)	- (-)	- (-)	5,529 (1.8)	15,576 (4.5)	40,761 (11.3)
부 산 항	부 산 계 (증가율)	2,389,956 (46.4)	2,942,983 (23.1)	3,887,457 (32.1)	4,251,076 (9.4)	4,791,942 (12.7)
	자성대 (비중)	439,556 (18.4)	486,704 (16.5)	679,373 (17.5)	717,433 (16.9)	821,297 (17.1)
	신선대 (비중)	389,507 (16.3)	453,081 (15.4)	668,364 (17.2)	804,297 (18.9)	936,707 (19.5)
	우암부두 (비중)	84,844 (3.6)	139,665 (4.7)	171,792 (4.4)	206,297 (4.9)	231,571 (4.8)
	감만부두 (비중)	490,017 (20.5)	691,879 (23.5)	937,206 (24.1)	1,031,863 (24.3)	1,110,821 (23.2)
	신감만부두 (비중)	- (-)	- (-)	176,129 (4.5)	302,303 (7.1)	371,247 (7.7)
	감천환진 (비중)	136,317 (5.7)	176,999 (6.0)	225,535 (5.8)	225,653 (5.3)	243,597 (5.1)
	일반부두 (비중)	849,715 (35.5)	994,655 (33.8)	1,029,058 (26.5)	963,230 (22.7)	1,076,702 (22.5)
기타항 (비중)	16 (0.0)	2,073 (0.0)	2,733 (0.0)	3,403 (0.1)	6,351 (0.1)	
전국총물량 대비 점유율	26.9	31.1	35.7	36.0	36.4	

자료 : 한국컨테이너부두공단(2005.8), 2004년도 컨테이너 화물 유통추이 및 분석

우리나라의 컨테이너 전용부두 시설현황을 살펴보면, 크게 부산항과 광양항으로 구분하여 볼 수 있다. 먼저, 부산항은 북항과 감천항으로 구분할 수 있으며, 북항은 자성대, 신선대, 감만, 신감만, 우암부두로 구분되며, 감천항은 감천한진부두가 있다. 광양항은 1단계 부두와 2단계 부두로 구분된다.

<표 2-9> 부산항 컨테이너 전용부두 시설현황

[2005년 6월 기준]

구분	부산항					
	자성대	신선대	감만	신감만	우암	감천
운영개시	1978. 9	1991. 6	1998. 4	2002. 4	1996. 9	1997. 11
운영회사	한국 허치슨(주)	(주)신선대컨 테이너터미널	한진, 허치슨 세방, 대한통운	동부부산컨테 이너터미널(주)	우암 터미널(주)	(주)한진해운
부두길이	1,447m	1,200m	1,400m	826m	500m	600m
전면수심	-15m	-14m	-15m	-15m	-11m	-13m
하역능력	120만TEU	120만TEU	120만TEU	65만TEU	35만TEU	34만TEU
접안능력	5만톤급 4척 1만톤급 1척	5만톤급 4척	5만톤급 4척	5만톤급 2척 5천톤급 1척	2만톤급 1척 5천톤급 2척	5만톤급 2척
부지면적	647천㎡	1,039천㎡	731천㎡	308천㎡	184천㎡	148천㎡

자료 : 한국컨테이너부두공단(2005.8), 2004년도 컨테이너 화물 유통추이 및 분석

광양항 컨테이너터미널은 1단계 터미널과 2-1단계 터미널로 구분되며, 1단계 터미널은 1998년 7월부터, 2-1단계 터미널은 2002년 4월부터 운영중이다. 광양항 1단계 터미널은 5만톤급 4선석으로 이루어져 있으며, 대한통운 터미널, HPH(Hutchison Port Holdings) 터미널, 한진해운 터미널, 세방기업 터미널 등 4개 터미널로 이루어져 있다.

<표 2-10> 광양항 1단계 터미널 시설 현황

구분	계	세방기업	한진해운	HPH	대한통운
운영개시	-	1999.7	1998.12	1998.10	1998.7
부두길이	1,400m	350m	350m	350m	350m
전면수심	-15m	-15m	-15m	-15m	-15m
하역능력	120만TEU	30만TEU	30만TEU	30만TEU	30만TEU
접안능력	5만톤급 4척	5만톤급 1척	5만톤급 1척	5만톤급 1척	5만톤급 1척
부지면적	840천㎡	210천㎡	210천㎡	210천㎡	210천㎡

자료 : 광양항 홈페이지, www.portgy.com

2002년 4월 개장된 2-1단계 터미널은 5만톤급 2선석과 2만톤급 2선석, 총 4개 선석으로 구성되어 있으며, 연간 화물 처리능력은 81만4천TEU이다. 2-1단계 터미널 중 5만톤급 5번 선석은 동부건설이, 그리고 5만톤급 6번 선석과 피더선 2개 선석은 HPH와 우리나라의 현대상선, 한진해운의 컨소시엄인 KIT(Korea International Terminals)에서 운영하고 있다.

<표 2-11> 광양항 2-1단계 터미널 선석별 시설 현황

구분	선석길이(m)	전체면적(㎡)	에이프런(㎡)	CY(㎡)	건물 및 주변지역(㎡)
동부고속	350	210,000	24,500	140,000(3,360)*	45,500
KIT	800	357,500	42,100	212,000(5,262)*	68,900
합 계	1,150	547,500	66,600	352,000(8,622)*	114,400

주: ()안의 수치는 TGS임

자료 : 광양항 홈페이지, www.portgy.com

2004년 개항한 2-2단계 터미널은 5만톤급 2선석과 2만톤급 2선석, 총 4개 선석으로 구성되어 있으며, 안벽길이는 1,150m이다.

<표 2-12> 광양항 2-2단계 터미널 선석별 시설 현황

구분	선석길이 (m)	전체면적 (㎡)	에이프런 (㎡)	CY (㎡)	건물 및 주변지역(㎡)
No. 7선석 및 피더선 2개 선석	800	323,000	42,100	212,000(5,262)*	69,000
No. 8선석	350	210,000	24,500	140,000(3,360)*	45,500
합 계	1,150	533,000	66,600	352,000(8,622)*	114,400

주: ()안의 수치는 TGS임

자료 : 광양항 홈페이지, www.portgy.com

우리나라는 부산항의 화물적체 해소 및 동북아지역의 주요 항만의 입지를 강화하기 위하여 2011년까지 총 30개의 선석의 신항을 개발할 계획이다. 신항 개발계획은 2단계로 나누어 진행되며, 1단계 완공 목표연도는 2008년이다.

<표 2-13> 신항 개발계획

구 분		전체 (1995~2011)	제 1단계 (1995~2008)	제 2단계 (2009~2011)
계	사업비(억원)	91,542	55,519	36,023
	사업량(선석)	30	18	12
	효과(만TEU)	804	443	361
정 부	사업비(억원)	41,739	28,012	13,727
	사업량(선석)	방파제 1.49km	1.49km	-
		투기장호안 20.8km	20.8km	-
		준설 72백만 m ³	54백만 m ³	18백만 m ³
		안벽 3.9km(12선석)	1.45km(5선석)	2.45km(7선석)
		어업보상 등 1식	1식	1식
민 자	사업비(억원)	49,803	27,507	22,296
사업량(선석)	6.05km(18)	안벽 4.3km(13)	1.75km(5)	

자료 : 부산항 홈페이지, www.busanport.com

광양항 또한 항만시설의 지속적인 확충으로 2011년에는 컨테이너부두 33선석과 일반부두 82선석을 갖출 계획이며, 연간 컨테이너 933만TEU, 일반 화물 1억8천만톤을 처리할 수 있는 항만으로 계획하고 있다.

<표 2-14> 광양항 컨테이너터미널 개발계획

구 분		전체계획	3단계 1차	3단계 2차	장래
사업기간		1987~2011	1999~2006	2001~2008	2011
사업비(억원)		66,323	49,117		
		정부 : 26,809	정부 : 17,223		
		공단 : 39,514	공단 : 5,429	공단 : 7,847	공단 : 18,678
사업내용	안벽 (km)	11.05 (33선석)	1.4 (4선석)	1.05 (3선석)	4.9 (14선석)
	도로 및 철도 (km)	47.4	18.9		
	항로준설 (m ³)	137백만	102백만		
	투기장호안 (km)	61.4	34.7		
사업효과	접안능력	33선석	-	-	-
		5만톤급 29선석 2만톤급 4선석	5만톤급 4선석	5만톤급 3선석	5만톤급 14선석
	하역능력 (만TEU)	933	120	110	420

자료 : 건설교통부(2003), 물류체계혁신 및 물류경쟁력 강화방안연구 & 광양항 홈페이지

2.3 향후 전망

OSC(Ocean Shipping Consultants)의 전망에 따르면 전 세계 물동량은 2010년까지 평균 6.9%, 2015년까지는 평균 5.5% 증가할 것으로 예상된다.

따라서 세계 주요 항만들은 지속적으로 컨테이너 항만을 개발하고 있으며, 선사들 또한 선박의 대형화를 통하여 규모의 경제를 꾀하고자 하고 있다.

주요 항만들의 항만개발 경쟁과 선박의 대형화는 선사들에 있어 구매력 증가에 따른 힘(Market Power)의 증대로 이어지며, 이는 현재 정기선사들의 자사전용 터미널 확보로 귀결되고 있다. 또한, 이에 대응하기 위한 터미널 운영사들의 글로벌화 경쟁도 함께 이루어지고 있다.

결국 컨테이너 해운시장은 항만(터미널)에 있어 향후에도 매력적인 시장이 유지될 것이며, 이러한 상황에서 경쟁력을 확보하기 위한 다양한 수단과 방법을 동원하여 경쟁우위를 다지는 것이 반드시 필요하다 할 수 있겠다.

<표 2-15> 세계 대륙별 물동량 전망

단위 : 백만TEU, %

	2005년		2010년	2015년	연평균증가율	
		점유율			'05~'10	'10~'15
합 계	354.92	100.0	495.12	647.28	6.9	5.5
동아시아	170.38	48.0	240.47	303.44	7.1	4.8
동북아	44.82	12.6	64.16	73.44	7.4	2.7
중 국	72.35	20.4	96.55	117.25	5.9	4.0
동남아	53.21	15.0	79.76	112.75	8.4	7.2
미 주	66.17	18.6	90.66	118.80	6.5	5.6
북 미	43.35	12.2	56.85	71.55	5.6	4.7
중남미	22.83	6.4	33.81	47.25	8.2	6.9
유 럽	78.66	22.2	105.80	139.46	6.1	5.7
북유럽	41.87	11.8	56.25	73.21	6.1	5.4
남유럽/지중해	36.78	10.4	49.55	66.25	6.1	6.0
기 타	39.71	11.2	58.19	85.55	7.9	8.0
중부유럽/인도	25.61	7.2	38.55	58.29	8.5	8.6
북아프리카	6.80	1.9	9.75	14.11	7.5	7.7
오세아니아	7.30	2.1	9.89	13.15	6.3	5.9

자료 : Ocean Shipping Consultants 2004

제 3 장 이론적 고찰

3.1 효율성의 개념 및 측정방법

효율성의 정의는 다양하지만, 기업의 생산과정에서의 효율성이란 다분히 기술적인 의미를 내포하고 있어서 투입물에 대한 산출량의 비율을 의미하며 이런 맥락에서 여러 가지 투입요소를 이용하여 산출물을 생산하는 다수 투입-다수산출 하는 항만의 효율성은 대개 투입 요소간의 적절한 결합과 사용에 의해 결정된다. 다시 말해 투입물간의 산출물이나 투입물의 효과적인 사용에 관한 문제는 생산과정에서 일정한 산출물을 생산하기 위해서 필요한 수준과 투입물간의 관계에서 발생한다.

일반적으로 효율성(생산성)의 개념은 투입물에 대한 산출물의 비율로 정의된다. DEA에 있어서 효율성에 대한 정의는 Charnes and Cooper(1985)에 의하면 다음과 같다.

- DMU의 산출물은 투입요소의 일부를 증가시키거나 또는 산출물의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 증가될 수 없다.
- DMU의 투입물은 산출물의 일부를 감소시키거나 또는 투입요소의 다른 일부를 감소시키지 않고서는 감소될 수 없다.

일반적으로 비효율성은 투입물을 이용하여 산출물을 생산하는 과정에서 비효율적인 투입물간의 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로서, 투입물의 비효율성(input inefficiency)과 산출물의 비효율성(output inefficiency)으로 구분할 수 있다.

효율성 측정이론은 비율분석법, 생산성 지수법, 함수적 접근법, 모수적 접근법 등으로 구분할 수 있다.

3.2 DEA모형

Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 제시한 DEA모형³⁾은 다수의 산출요소와 투입 요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 또한, 평가 대상인 DMU들의 효율성 값을 측정하는 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라, 비효율성이 어느 부문에서 얼마 정도가 발생하는지에 대한 정보를 제공해 주는 상대적인 평가 방법이다.

DEA모형은 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율적으로 프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율성 프론티어상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정한다. 또한, 비효율성이 어느 부문에서 발생하며 그 크기가 얼마 정도인지에 대한 수치적 정보를 제공해줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다는 장점이 있다.

DEA모형은 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 의사결정단위(DMU : Decision Making Unit)들의 상대적 효율성을 평가하기 위하여 개발된 기법으로서, 여러 종류의 산출을 생산하기 위하여 여러 종류의 투입요소를 사용하는 조직들의 생산성을 평가하기 위한 선형계획 기법(Linear Programming Technique)이다.

DEA모형의 주요한 특징은 크게 네 가지로 구분하여 살펴볼 수 있다. 첫째, DEA모형은 다수의 투입물과 산출물이 존재하나 이들을 적절한 방법으로 하나의 지수로 종합화하기 힘든 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 즉, 투입물과 산출물들의 측정단위가 각기 다른 경우에도 적용이 가능하다.

3) DEA(Data Envelopment Analysis : 자료포괄분석)

둘째, DEA모형에서는 평가대상 조직과 투입과 산출관계가 유사한 다른 효율적인 조직들이 먼저 선정되고 이를 준거집단으로 하여 상대평가를 한다. 이에 따라, 비효율적인 조직의 경우에는 실현가능한 목표치의 설정이 가능하다. 셋째, DEA모형에서는 평가 대상조직의 효율성을 최대로 하는 투입과 산출에 대한 가중치를 직접 추정하기 때문에, 비율분석 등과 같이 경영평가를 위한 항목별 가중치를 사전에 주관적으로 결정할 필요가 없다. 넷째, 측정단위가 상이한 여러 가지의 투입요소와 산출물을 동시에 고려할 수 있다.

앞에서도 언급하였듯이, 효율성은 투입물과 산출물간의 관계를 나타낸다. 즉, 투입요소에 대한 산출요소의 비율을 나타내는데, 이는 구체적으로 단일의 투입요소와 산출요소에 대한 개념이다. 따라서, 다수의 투입요소와 다수의 산출요소의 관계를 파악하여 상대적인 효율성을 구하기 위해서는 개별적 요소들에 대하여 가중치와 요소들간의 곱의 합으로써 표현되어야 한다. 즉, 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\text{평가 대상 } j \text{의 효율성} = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + u_3 y_{3j} + \dots + u_n y_{nj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + v_3 x_{3j} + \dots + v_n x_{nj}} \quad (2.1)$$

- u_r = 산출요소 r 에 주어진 가중치
- y_{rj} = 평가대상 j 의 산출요소 r 의 양
- v_i = 투입요소 i 에 주어진 가중치
- x_{ij} = 평가대상 j 의 투입요소 i 의 양

이와 같은 식은 모든 평가대상(DMU)에 있어서 적용되는 가중치가 요구되고, 이는 모든 평가대상에 있어서 적용이 가능한 공통의 가중치를 구해야 하는 결론에 이른다. 그러나, 투입요소 및 산출요소에 대한 가중치는 각 평가대상의 특성에 따라 다르므로, 단일의 공통 가중치를 모든 평가대상의 효율성 측정에 있어서 적용시키기에는 무리가 따른다. 따라서 이러한 문제

점을 인식한 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 각각의 평가대상이 각기 다른 가중치를 가질 수 있도록 선형계획법에 기반을 둔 식 2.2와 같은 DEA-CCR모형을 개발하였다.

$$Max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}}$$

subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n,$$

$$u_r, v_i \geq \epsilon, \forall r \text{ and } i, \quad (2.2)$$

식 2.2를 선형계획모형의 형태로 변환하면 식 2.3과 같다.

$$Max h_0 = \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0}$$

subject to

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n,$$

$$-u_r \leq -\epsilon, r = 1, \dots, t,$$

$$-v_i \leq -\epsilon, i = 1, \dots, m. \quad (2.3)$$

CCR모형은 각 DMU의 규모수익이 불변이라는 가정 하에 효율성을 평가한다. 그러므로 이 모형은 규모의 효율성과 순수한 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 지니고 있다. 이에 Banker, Charnes and Cooper(1984)는 규모의 효율성 정도를 파악할 수 있는 BCC모형을 제시하였다. BCC모형은 효율성을 평가함에 있어, 규모의 수익 효과를 파악하고 이를 전반적 효율성에서 분리시켜 규모의 효율성을 제외한 순수한 기술적 효율성에 의해 효율적인 DMU들을 구분할 수 있도록 해준다.

BCC모형이 CCR모형과 차별화되는 이유는 규모의 수익효과를 측정하는 변수 u_0 의 존재 때문이다. BCC모형에서는 U_0 변수의 값을 이용하여 규모의 수익효과를 측정한다. 즉, U_0 의 최적해를 U_0' 로 정의할 때 $U_0' < 0$ 이면 규모의 수익체증, $U_0' = 0$ 이면 규모의 수익불변, $U_0' > 0$ 이면 규모의 수익체감 효과를 나타낸다.

DEA모형은 연구목적에 따라 다양한 형태로 표현되고 있으며, 위에서 언급한 CCR, BCC모형이 가장 기본적인 모형으로 사용되고 있다.

3.3 관련연구 고찰

항만간 또는 터미널간 경쟁이 심화되면서 이들의 생산성 및 효율성 향상은 경쟁력 확보의 기본적인 요건이 되고 있다. 이러한 항만 및 터미널의 효율성과 관련하여 연구된 논문들은 지난 10여 년 동안 다수 발표되고 있다.

Dowd and Leschine(1990)는 컨테이너터미널의 생산성은 노동, 장비 및 토지의 효율적인 이용에 달려 있으며, 따라서 생산성은 이 세 가지 요소의 효율적 이용을 계량화함으로써 측정할 수 있다고 하였다.

일반적으로, 컨테이너터미널의 경쟁력을 결정하는 요인으로는 항만시설 및 장비의 보유현황, 컨테이너부두의 생산성, 가격경쟁력 및 서비스 측면 등을 주요 요인으로 제시하고 있다(한국컨테이너부두공단, 2002).

Roll & Hayuth(1993)는 항만의 효율성을 분석하는데 있어서 DEA를 이용하여 분석하는 것이 가장 적절하다고 하였다. 이 후 항만 및 터미널의 효율성을 분석한 연구들은 다수 존재하며, 대부분 DEA모형을 이용하여 분석결과를 제시하고 있다. 각각의 연구들은 효율성 분석을 수행하기 위하여 투입요소와 산출요소를 고려하고 있으나, 분석대상과 고려하고 있는 요소들은 다소 차이가 있다.

본 연구의 방향과 관련되는 기존연구들에 대하여 살펴보면 다음 <표 3-1>과 같다. 최근 국내 항만을 포함한 DMU를 대상으로 DEA모형을 이용하여 효율성을 분석한 연구는 송재영(2005)과 류동근(2005)의 연구이다. 이들 논문은 각기 우리나라 항만 및 터미널을 포함하여 상대적인 효율성을 제시하고 있으나, 다음과 같은 한계점을 지니고 있다.

우선 송재영(2005)의 연구는 우리나라 항만(광양항, 부산항)을 포함한 세계 주요 53개 컨테이너 항만을 대상으로 한 효율성 분석을 통하여 1995년~2001년 기간 동안의 효율성 변화를 살펴보았다. 그러나 DMU의 기준이 항만을 구성하고 있는 각 터미널 운영사가 아닌 항만전체에 대한 효율성 평가를 실시함으로써, 우리나라 부산항, 광양항에 속한 각 터미널에 대한 구체적인 효율성을 제시하고 있지 못하고 있다. 이와는 상대적으로 류동근(2005)의 연구는 우리나라 컨테이너터미널 운영사를 기준으로 DMU를 선정하여 각 터미널에 대한 효율성을 제시하고 있으나, 동일 시점의 DMU가 아닌 3개년 동안의 DMU를 동일 분석 대상으로 선정하고 있으며, 각 터미널에 대한 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 제시하고 있지 못하고 있다.

이와는 차별적으로 본 연구에서는 우리나라 15개 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 1998년부터 2005년 동안 각 년도의 효율성을 측정함은 물론 각 터미널의 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 제시함으로써, 우리나라 터미널 운영사에게 효율성 개선을 위한 시사점을 제시하고 있다.

<표 3-1> 항만의 효율성 분석을 수행한 선행연구

연구자	연구방법	투입요소	산출요소	평가대상
Hayuth and Roll (1993)	DEA	· 노동비 · 자본비 · 화물특성	· 총 처리량 · 서비스 수준 · 이용자 만족도 · 선박 기항 수	이스라엘 20개 항만
Martinez-Budria et al. (1999)	DEA	· 노동비 · 감가상각비 · 기타 비용	· 총 처리량 · 임대료에 따른 수익	스페인 26개 터미널
Notteboom et al. (2000)	Baysian Stochastic Frontier Model	· 안벽길이 · 터미널 면적 · G/C의 수	· 컨테이너 처리량	유럽항만 36개 터미널
송재영 (2000)	DEA/AHP	· CY면적 · 하역장비 수 · 전산화 · 야드계획	· 컨테이너 처리량 · 선석점유율	국내 8개 터미널
Tongzon (2001)	DEA	· 선석수 · 크레인 수 · 예인선 수 · CY면적 · 대기시간 · 인원 수	· 컨테이너 처리량 · 선박 작업률	호주 및 세계 주요 16개 항만
Valentine & Gray (2002)	DEA	· 컨테이너선석길이 · 총 선석길이	· 컨테이너 처리량 · 총처리량	유럽 및 아시아 12개 주요항만
K. Cullinane et al. (2002)	Stochastic Frontier Model	· 안벽길이 · 터미널 면적 · 하역장비 수	· 컨테이너 처리량	아시아 지역항만 및 터미널(15개)
Barros(2003)	DEA	· 자산장부가치 · 인원 수	· 선박척수 · 화물처리량 · 총 선박척수 · 시장점유율 · 순수익 · 화물종류별 처리량	포르투갈 5개 항만
김운수(2004)	Stochastic Frontier Model	· 터미널 총 면적 · 안벽길이 · G/C의 수 · T/C의 수 · TGS · 매출규모 · Dummy 변수 ⁴⁾	· 컨테이너 처리량	전 세계 주요 32개 터미널
Park & De (2004)	DEA	· 접안 선박척수 · 화물처리규모	· 총 처리량 · 기항 선박척수 · 항만수입 · 고객만족점수	국내 11개 항만
류동근 (2005)	DEA	· 종업원 수 · 부두길이 · 부지면적 · G/C의 수	· 컨테이너 처리량 · 연간선석점유율 · 컨테이너 내장 · 화물톤수	국내 부산항 및 광양항 터미널

4) Dummy는 물동량 수준 및 글로벌운영업체의 터미널운영 여부

제 4 장 터미널의 효율성 분석

4.1 분석 대상

본 연구의 목적인 컨테이너터미널의 효율성을 분석하기 위하여 앞서 언급한 바와 같이 DEA모형을 이용하고자 한다. 구체적으로 본 연구에서의 분석대상은 국내 컨테이너 전용부두를 보유하고 있는 부산항과 광양항이 된다.

현재, 부산항의 컨테이너 전용부두는 자성대(1978년 9월 개장), 신선대(1991년 6월 개장), 우암부두(1996년 9월 개장), 감천부두(1997년 11월 개장), 감만부두(1998년 4월 개장), 신감만부두(2002년 4월 개장)로 구분된다. 광양항의 컨테이너 전용부두는 광양1단계(1998년 7월 개장), 광양2-1단계(2002년 4월 개장)로 구분된다.

본 연구에서는 앞서 열거한 컨테이너 전용부두를 대상으로 하는 바, 각 터미널별(운영사별)로 다시 세분화하여 분석하고자 한다. 즉, 부산항의 감만부두는 4개의 운영사(한진, 허치슨, 세방, 대한통운)로 구분되며, 광양항의 1단계부두는 4개의 운영사(한진, 허치슨, 세방, 대한통운), 2-1단계부두는 2개의 운영사(동부건설, KIT)로 구분된다. 즉, 본 연구에 있어 효율성을 분석하기 위한 대상으로는 총 15개의 컨테이너터미널이 된다.

본 연구에서는 총 15개의 컨테이너터미널을 대상으로 하여, 1998년도부터 2005년까지의 데이터를 기반으로 효율성의 변화도 함께 살펴보고자 한다. 이를 통해서, 각 연도별로 컨테이너터미널들의 효율성을 알 수 있으며, 시간의 흐름에 따른 효율성의 변화도 알 수 있다. 또한, 1998년도부터 2005년에 이를 때까지 컨테이너터미널의 추가 또는 합병으로 인한 효율성에의 영향 및 변화 등도 함께 볼 수 있다.

4.2 변수 선정

DEA 모형을 이용한 효율성 평가에는 다수의 투입, 산출변수를 동시에 고려하여 상대적인 효율성 분석을 할 수 있다. 본 연구에서는 기존 연구를 바탕으로 투입변수와 산출변수를 선정하여 컨테이너터미널에 대한 효율성을 분석하고자 한다.

앞서 관련연구 고찰에서 살펴본 바와 같이, 항만 및 터미널을 대상으로 효율성분석을 수행한 선행 연구에서는 대부분 화물(컨테이너)처리량을 산출요소로 선정하고 있다. 투입요소는 연구자들마다 다소 상이하나, 공통적으로 선석길이, 총면적 등 부두기반시설과 갠트릭레인의 야드장비 등 장하역기기를 선정하고 있다.

따라서 본 연구에서는 투입요소는 항만시설 중 필수 요소인 선석길이, G/C장비와 야드장비, 터미널 총면적, 야드면적을 고려하였고, 산출요소는 기존 연구에서 공통적으로 사용되어진 총 컨테이너 처리량(TEU)을 선정하였다.

DEA 분석에 사용된 변수 및 변수정의

[Input Data]

- V1 : Berth Length(m) - 선석길이
- V2 : Container Crane(대) - 본선장비(G/C)
- V3 : Transfer Crane, Straddle Carriers, Reach stackers(대) - 야드장비
- V4 : Total Area(m²) - 터미널 총 면적
- V5 : Yard Area(m²) - 야드면적

[Output Data]

U1 : 총 컨테이너 처리량(TEU)

본 효율성 분석에 사용된 데이터 현황을 2005년을 예로 하여 나타내면 다음과 같다.

<표 4-1> 2005년 기준 국내 컨테이너터미널 현황

		총처리량 (TEU)	선석 길이	C/C 수	T/C 수	S/C 수	R/S 수	부두총면적 (천㎡)	CY면적 (천㎡)
		U1	V1	V2	V3		V4	V5	
자성대		2,126,665	1,447	13	36		647	462	
신선대		1,961,854	1,200	12	50		1,039	672	
우암		577,322	500	5	15		184	156	
감만	대한통운	988,300	350	4	15		183	84	
	허치슨	680,100	350	4	13		183	84	
	BICT	1,254,200	700	7	25		366	168	
광양 1	세방	330,213	350	2	6		210	141	
	한진	188,873	350	2	5		210	141	
	허치슨	129,586	350	2	8		210	141	
	대한통운	385,232	350	3	7		210	141	
감천		497,661	600	4	11		148	105	
광양 2-1	동부	160,383	350	2	6		210	140	
	KIT	243,777	800	4	8		358	212	
신감만		1,098,615	826	7	15		308	153	

자료: 각 운영사 자료

분석자료의 기술통계분석 결과를 살펴보면, 2005년 기준 부산항과 광양항 컨테이너터미널의 총 처리량 평균은 약 758,700TEU이며, 평균 선석길이는 약 609m, 평균 컨테이너크레인 수는 약 5대, 평균 야드장비 수는 약 16대, 평균 부두총면적은 약 319천㎡, 평균 컨테이너야드 면적은 약 200㎡인 것으로 나타났다.

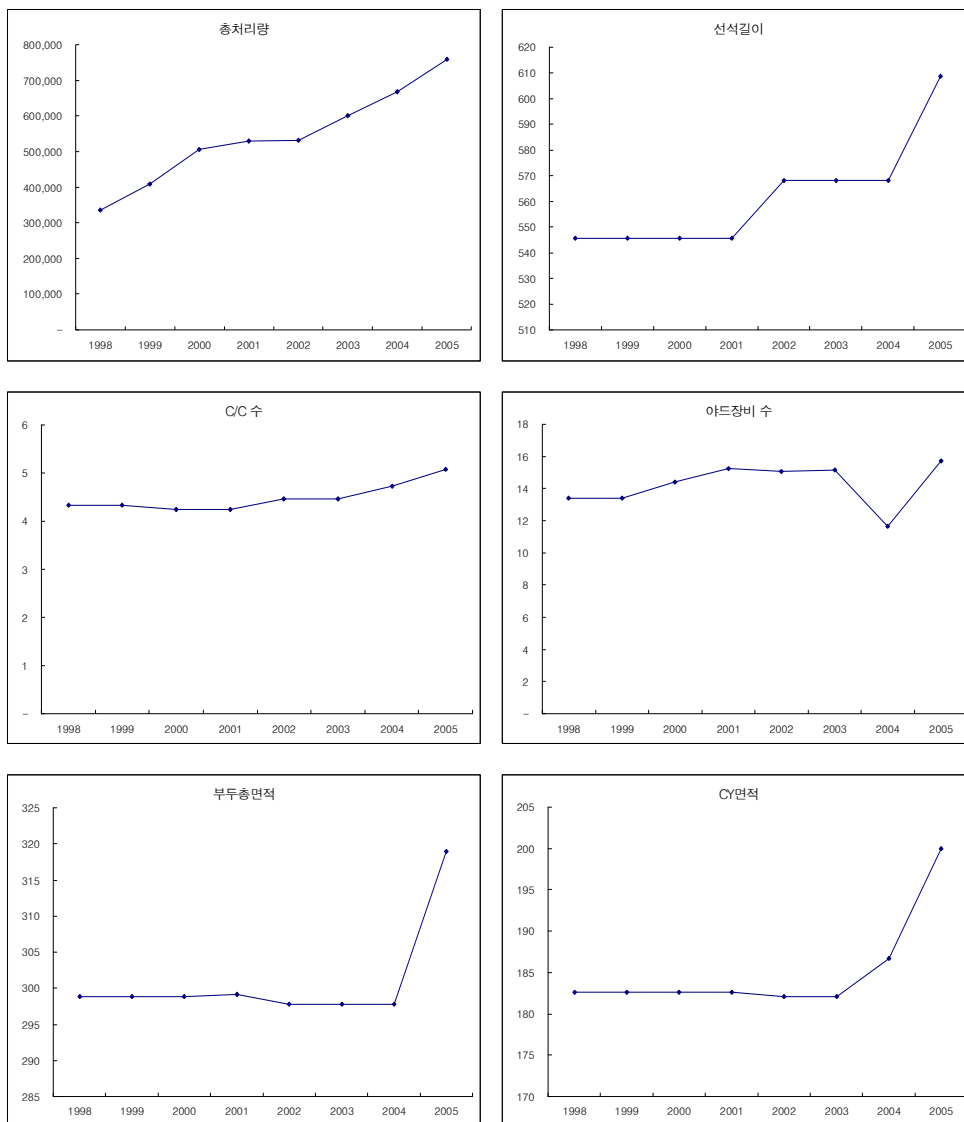
<표 4-2> 분석자료 기술통계량(2005년 기준)

	총 처리량 (TEU)	선석길이 (m)	C/C수	야드장비 수 (T/C, S/C, R/S)	부두총면적 (천㎡)	CY면적 (천㎡)
평균	758,770	609	5	16	319	200
표준편차	650,834	354	4	13	244	164
최소값	129,586	350	2	5	148	84
최대값	2,126,665	1,447	13	50	1,039	672
관측수	14	14	14	14	14	14

본 효율성 분석에 사용된 투입변수와 산출변수의 연도별 평균치 증감 추이를 살펴보면 다음 그림과 같다.

먼저, 산출변수인 총 컨테이너 처리량(U1) 추이를 보면 1998년부터 2005년까지 꾸준히 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 투입변수를 보면, 선석길이(V1)는 2001년도까지 동일하다가 2002년도에 증가하였는데, 이는 신감만부두와 광양2-1단계가 개장하였기 때문인 것으로 분석되며, 2005년에 다시 증가한 것은 감만부두의 세방과 한진이 통합되어서 관측수가 1개 줄어든 결과로 볼 수 있다. 컨테이너크레인수(V2)는 소폭 증가하고 있는 것을 알 수 있으며, 야드장비수(V3)는 꾸준히 증가하다가 2004년에 다소 감소되었고, 2005년에 다시 증가된 것으로 나타났다. 이는 우암터미널을 제외한 대부분의 터미널의 야드장비가 줄어들었으며, 특히 자성대와 신선대의 야드장비 감소가 두드러진 것에 기인한 것이다. 부두총면적(V4)과 야드면적

(V5)은 거의 변함이 없다가 2005년에 눈에 띄게 증가하였는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 2005년에 감만부두의 세방과 한진이 통합되어서 관측수가 1개 줄어든 결과로 볼 수 있다.



<그림 4-1> 연도별 투입변수 및 산출변수 평균치 증감 추이

<표 4-4>는 투입 및 산출요소의 상관관계 분석결과를 제시하고 있다. 대부분 요소간 상관관계가 높은 것(0.6이상)으로 나타났으며, 선석길이와 C/C 수(0.942), C/C 수와 기타장비(0.939), 부두총면적과 CY면적(0.982)이 상관관계가 매우 높은 것으로 나타났다. 산출요소와 투입요소간의 상관관계 중 가장 높은 것은 총 처리량과 C/C 수(0.965), 총 처리량과 기타장비(0.935)인 것으로 나타났으며, 총처리량과 CY면적간의 상관관계가 0.761로 가장 낮은 것으로 분석되었다.

<표 4-4> 투입 및 산출요소의 상관관계 분석 결과(2005년 기준)

구 분	선석길이	본선장비 (G/C)	야드장비 (TC,SC,RS)	부두총면적	CY면적	총처리량
선석길이	1	0.942	0.828	0.836	0.835	0.847
C/C	0.942	1	0.939	0.856	0.840	0.965
기타장비 (TC,SC,RS)	0.828	0.939	1	0.919	0.892	0.935
부두총면적	0.836	0.856	0.919	1	0.982	0.798
CY면적	0.835	0.840	0.892	0.982	1	0.761
총처리량	0.847	0.965	0.935	0.798	0.761	1

4.3 DEA-CCR모형에 의한 효율성 분석

본 절에서는 DEA-CCR모형을 이용한 효율성 분석결과를 제시하고자 한다. 즉, 1998년도부터 2005년까지 순차적으로 결과를 제시함으로써 각 연도 별로 효율적인 터미널과 비효율적인 터미널을 구분할 수 있게 된다.

각 연도별 효율성 분석결과에서는 의사결정단위(DMU)로 표시되는 바,

식별을 용이하게 하기 위하여 다음과 같이 각 DMU와 관련되는 터미널을 표현하고자 한다. 이는 DEA-BCC 분석결과에서도 동일하다.

<표 4-3> 분석대상 터미널

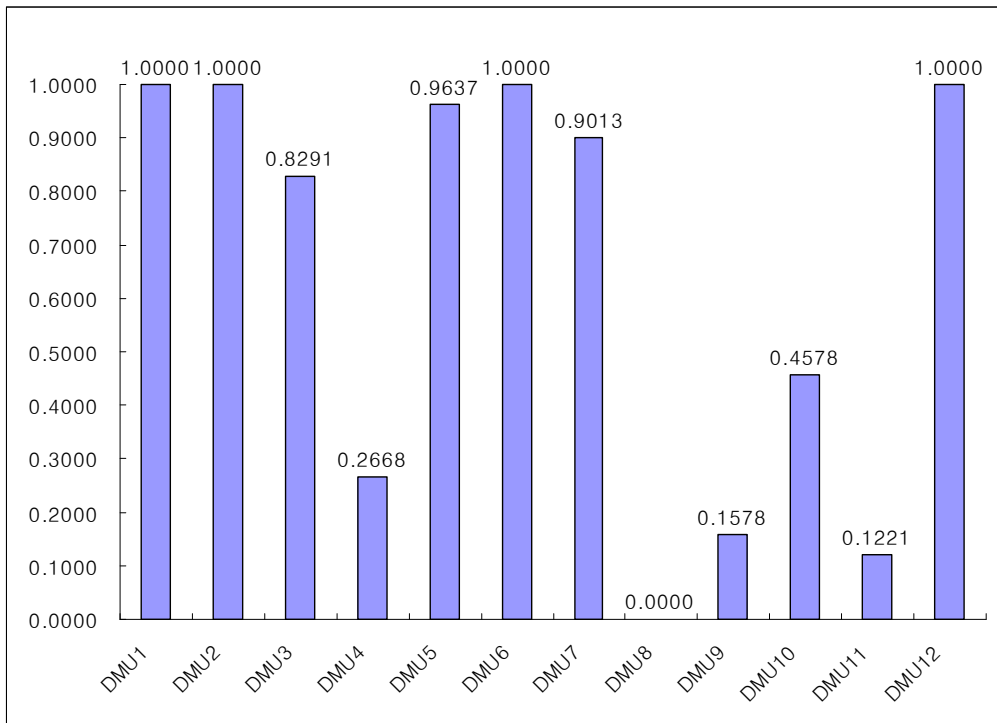
DMU1	자성대	DMU9	광양1단계(한진)
DMU2	신선대	DMU10	광양1단계(허치슨)
DMU3	우암부두	DMU11	광양1단계(대한통운)
DMU4	감만(세방)	DMU12	감천부두
DMU5	감만(한진)	DMU13	광양2-1단계(동부)
DMU6	감만(허치슨)	DMU14	광양2-1단계(KIT)
DMU7	감만(대한통운)	DMU15	신감만부두
DMU8	광양1단계(세방)	<DMU4,5>	감만 BICT(세방+한진) ⁵⁾

5) 감만부두 운영사 중 세방과 한진은 2005년 10월 BICT(Busan International Container Terminal)로 통합

1) 1998년도 효율성 분석 결과

1998년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU6(감만 허치슨), DMU12(감천)가 효율적인 터미널로 나타났다. DMU8(광양1단계 세방)의 효율성이 0으로 나타난 것은, 당해 년도의 컨테이너 처리량이 전무한 것에 기인한다.

상대적으로, DMU4(감만 세방), DMU8(광양1단계 세방), DMU9(광양1단계 한진), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU11(광양1단계 대한통운)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다.

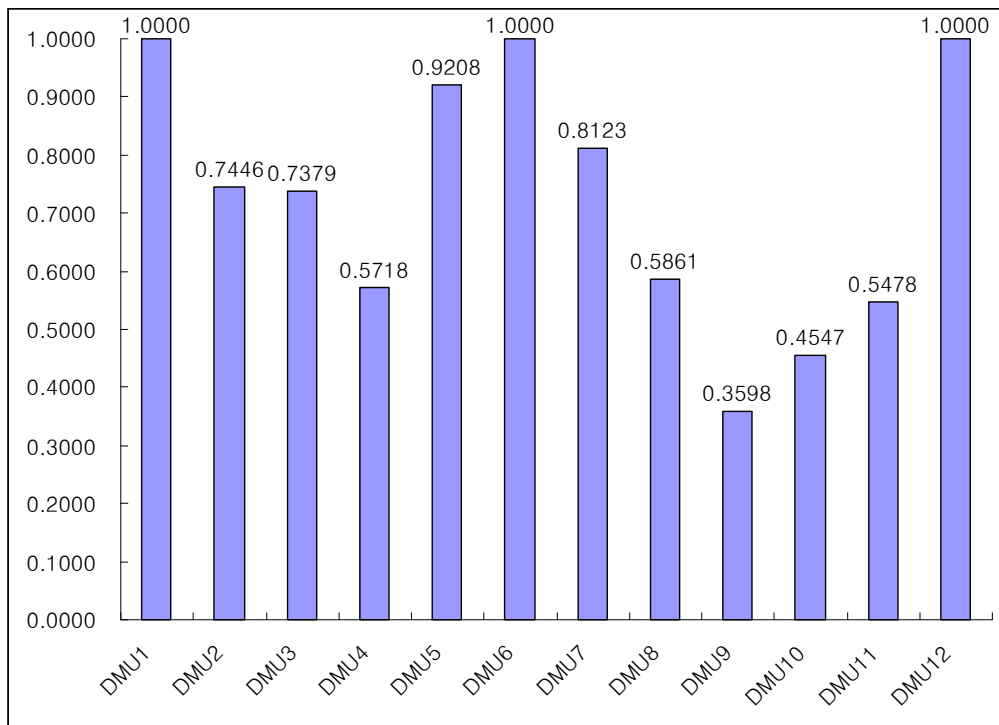


<그림 4-2> 1998년도 효율성 분석 결과(CCR)

2) 1999년도 효율성 분석 결과

1999년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU6(감만 허치슨), DMU12(감천 한진)가 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU4(감만 세방), DMU8(광양1단계 세방), DMU9(광양1단계 한진), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU11(광양1단계 대한통운)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 1998년도 비슷한 상황을 보이는 것으로, 효율성 지수는 각 터미널별로 다소 상승하였으나, 상대적인 효율성 정도는 낮은 것으로 분석되었다.

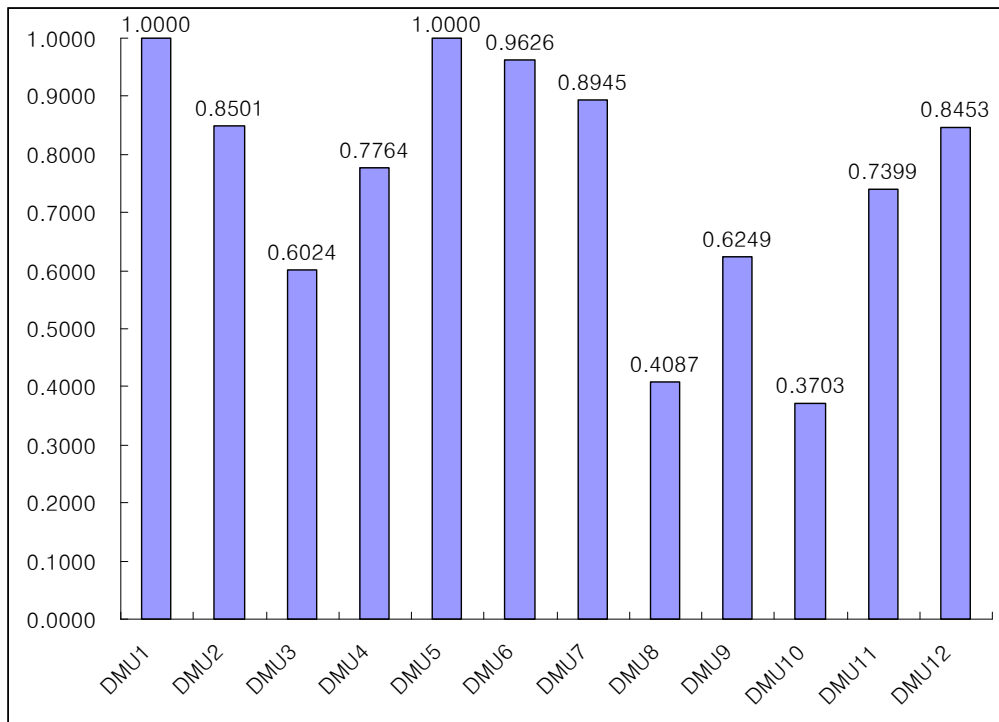


<그림 4-3> 1999년도 효율성 분석 결과(CCR)

3) 2000년도 효율성 분석 결과

2000년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU5(감만 한진)가 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 1998년도부터 효율성이 계속 저조한 상황임을 보이고 있는 것이다.

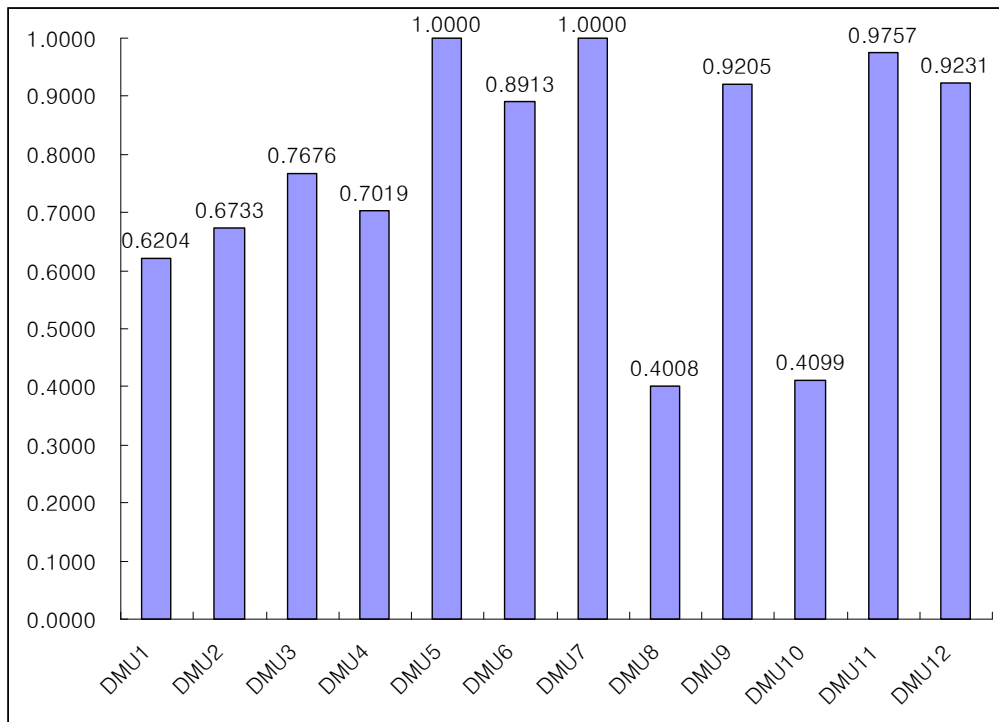


<그림 4-4> 2000년도 효율성 분석 결과(CCR)

4) 2001년도 효율성 분석 결과

2001년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU5(감만 한진), DMU7(감만 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 1998년도부터 효율성이 계속 저조한 상황임을 보이고 있는 것이다.

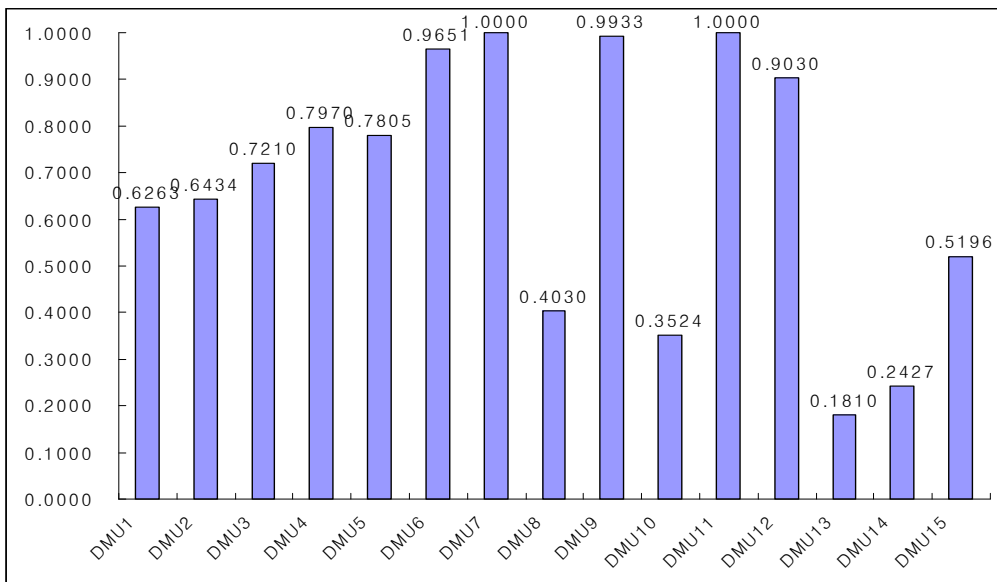


<그림 4-5> 2001년도 효율성 분석 결과(CCR)

5) 2002년도 효율성 분석 결과

2002년도 15개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU7(감만 대한통운), DMU11(광양1단계 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다. 2002년도에는 신감만부두, 광양2-1단계(동부건설, KIT)가 개장되었다. 즉, 2001년도까지 12개 터미널에서 2002년도에는 3개 터미널이 추가되어 총 15개의 터미널이 된다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. DMU8(광양1단계 세방)과 DMU10(광양1단계 허치슨)은 1998년도부터 효율성이 계속 저조한 상황임을 보이고 있으며, DMU13(광양2-1단계 동부)과 DMU14(광양2-1단계 KIT)는 2002년도 들어 낮은 효율성을 보이고 있다.

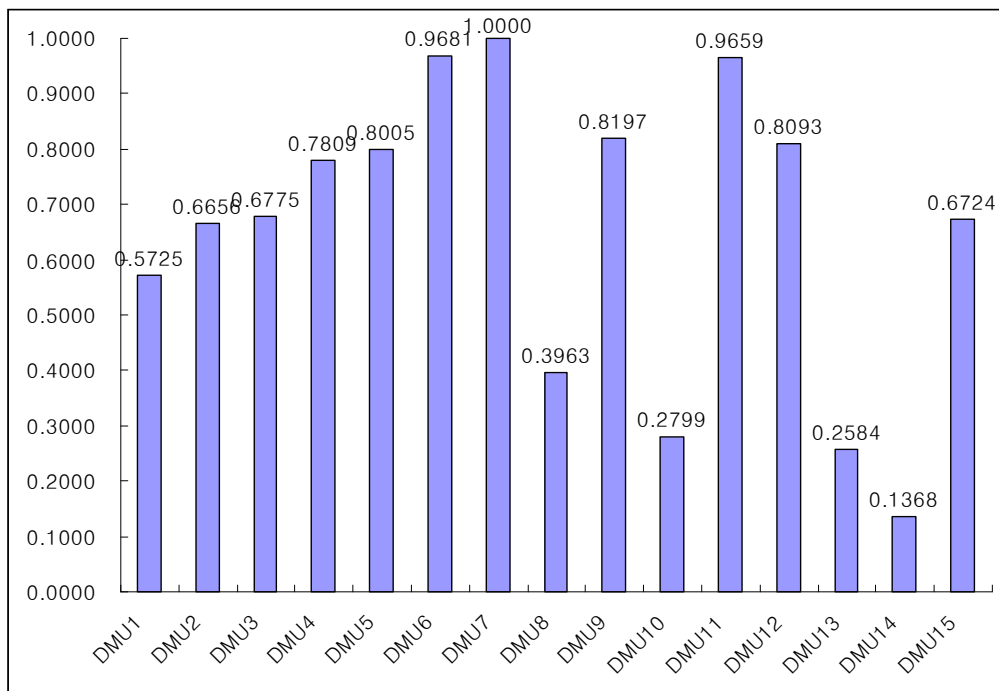


<그림 4-6> 2002년도 효율성 분석 결과(CCR)

6) 2003년도 효율성 분석 결과

2003년도 15개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU7(감만 대한통운)만 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 2002년도와 동일한 상황을 보여주고 있는 것이다.

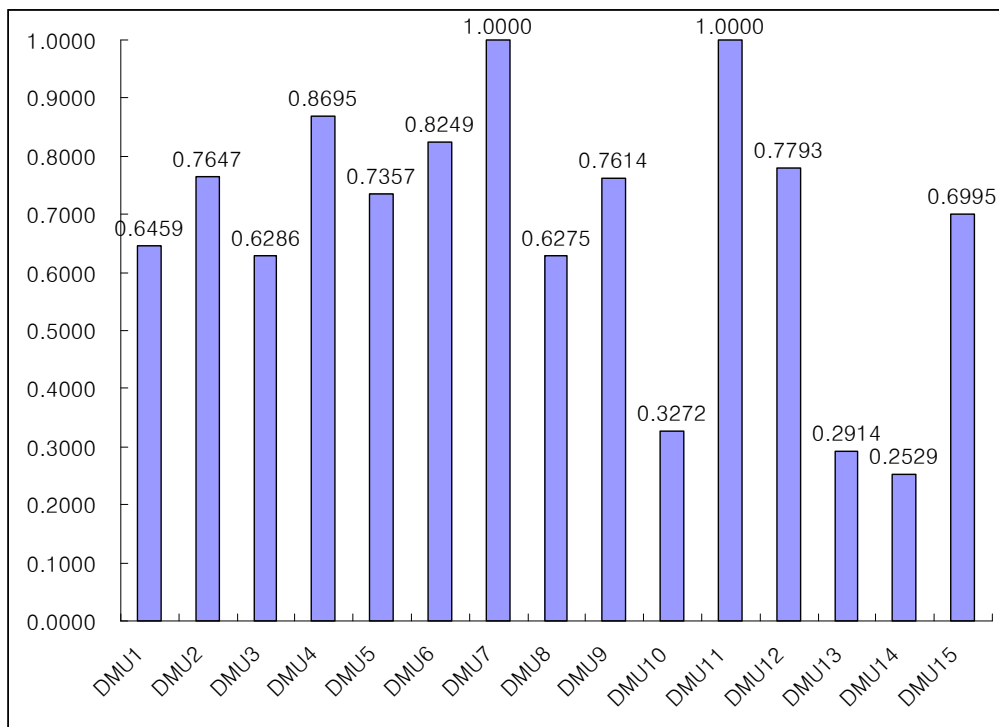


<그림 4-7> 2003년도 효율성 분석 결과(CCR)

7) 2004년도 효율성 분석 결과

2004년도 15개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU7(감만 대한통운), DMU11(광양1단계 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. DMU8(광양1단계 세방)은 전년도에 비해 효율성이 다소 상승한 것으로 나타났다.

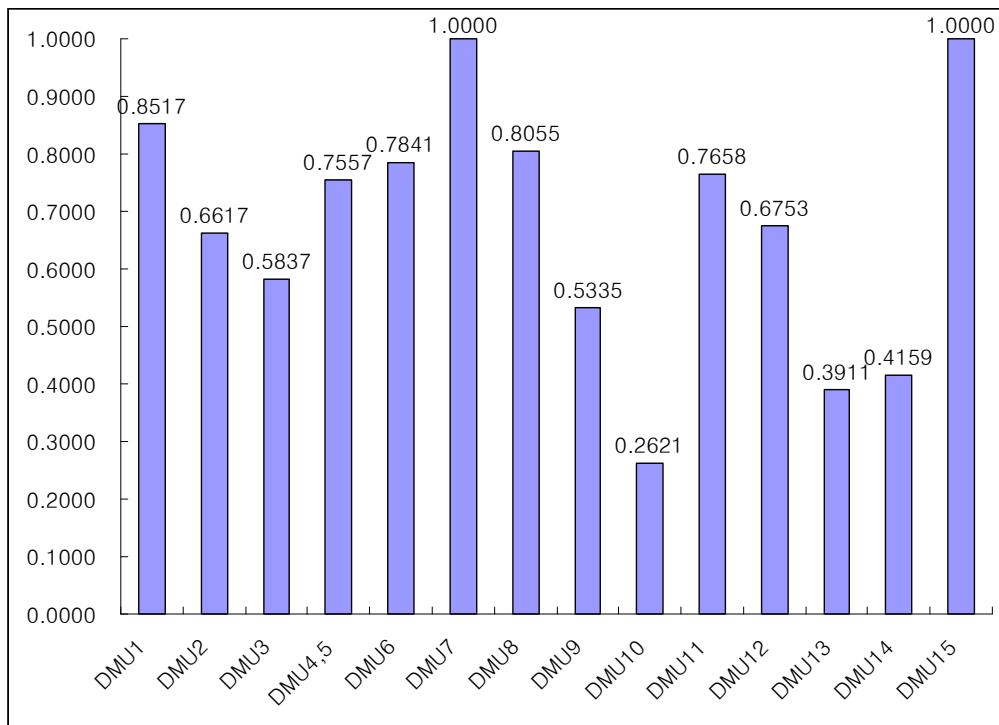


<그림 4-8> 2004년도 효율성 분석 결과(CCR)

8) 2005년도 효율성 분석 결과

2005년도 14개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU7(감만 대한통운), DMU15(신감만)가 효율적인 터미널로 나타났다. DMU4,5는 앞서 언급한 바와 같이, 2005년에는 감만부두 운영사 중 세방과 한진이 통합된 BICT터미널을 나타낸 것이다.

상대적으로, DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 2004년도와 동일한 상황을 보여주고 있는 것이다.



<그림 4-9> 2005년도 효율성 분석 결과(CCR)

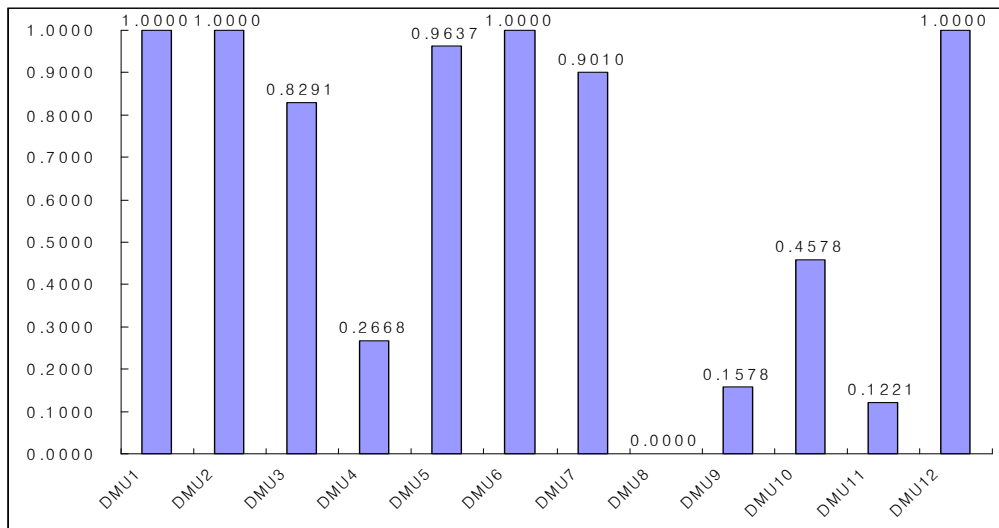
4.4 DEA-BCC모형에 의한 효율성 분석

DEA-BCC 분석에서는 DEA-CCR 분석결과와 다소 상이한 결과를 보이고 있다.

1) 1998년도 효율성 분석 결과

1998년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(차성대), DMU2(신선대), DMU6(감만 허치슨), DMU12(감천)가 효율적인 터미널로 나타났다. DMU8의 효율성이 0으로 나타난 것은, 당해 년도의 컨테이너 처리량이 전무한 것에 기인한다.

상대적으로, DMU4(감만 세방), DMU8(광양1단계 세방), DMU9(광양1단계 한진), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU11(광양1단계 대한통운)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 CCR분석에서의 1998년도 상황과 동일한 것을 보이고 있다.

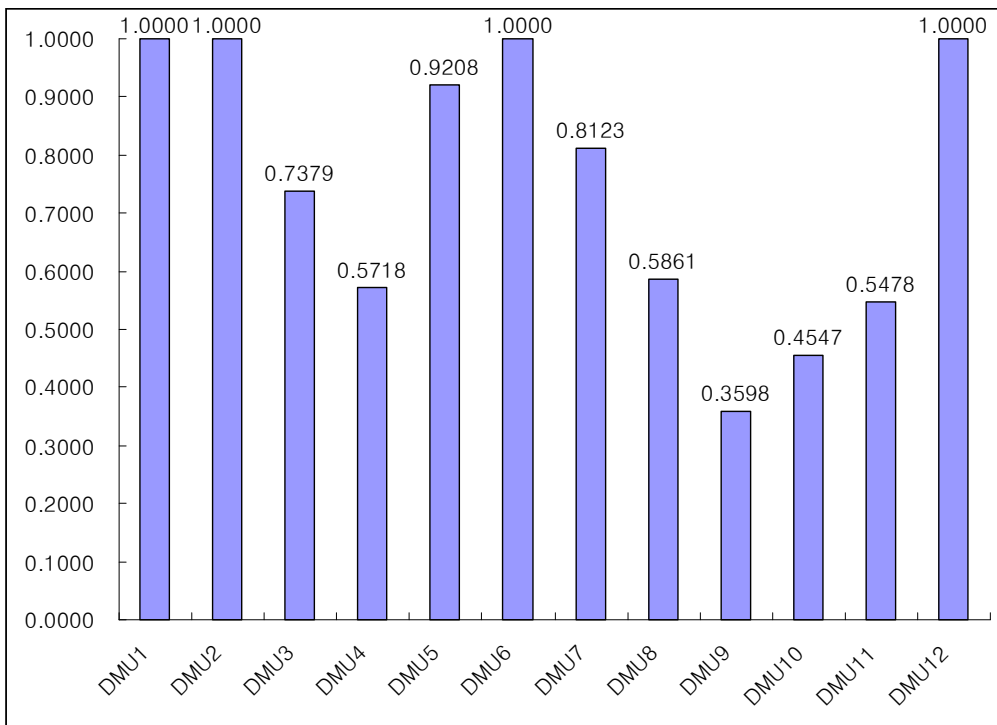


<그림 4-10> 1998년도 효율성 분석 결과(BCC)

2) 1999년도 효율성 분석 결과

1999년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, 1998년도와 동일하게 DMU1(자성대), DMU2(신전대), DMU6(감만 허치슨), DMU12(감천)가 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU9(광양1단계 한진), DMU10(광양1단계 허치슨)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 전년도와 비교하여 DMU4(감만 세방), DMU8(광양1단계 세방), DMU11(광양1단계 대한통운)은 효율성 지수가 다소 상승하였으나, 아주 미미한 정도임을 알 수 있다.

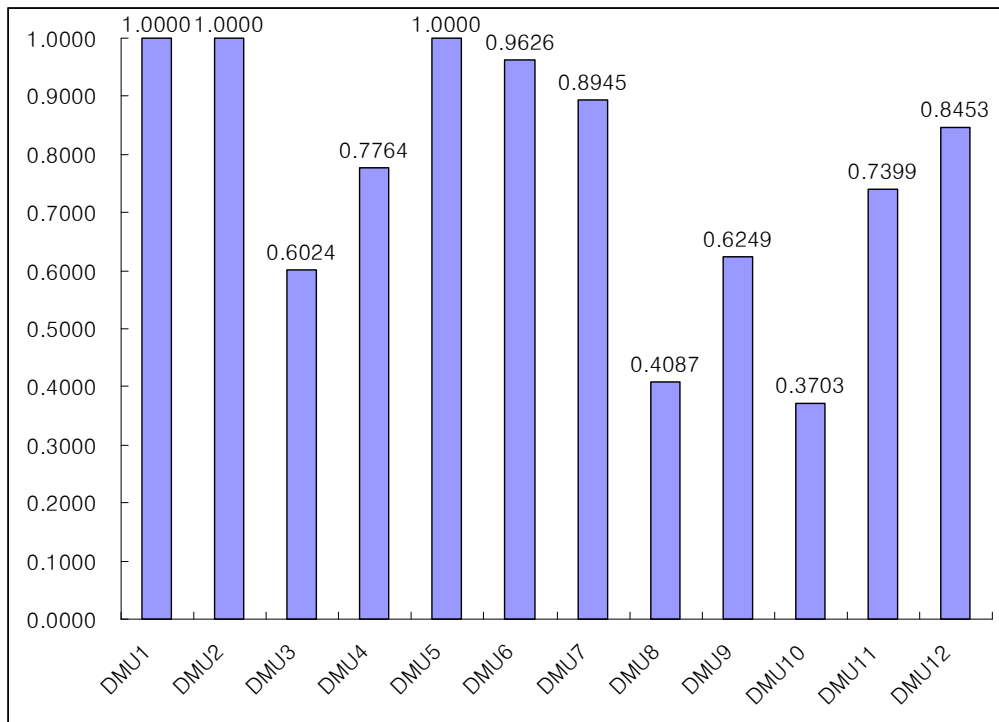


<그림 4-11> 1999년도 효율성 분석 결과(BCC)

3) 2000년도 효율성 분석 결과

2000년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU5(감만 한진)가 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. DMU9(광양1단계 한진)는 전년도에 비하여 효율성 지수가 다소 상승하였음을 알 수 있다.

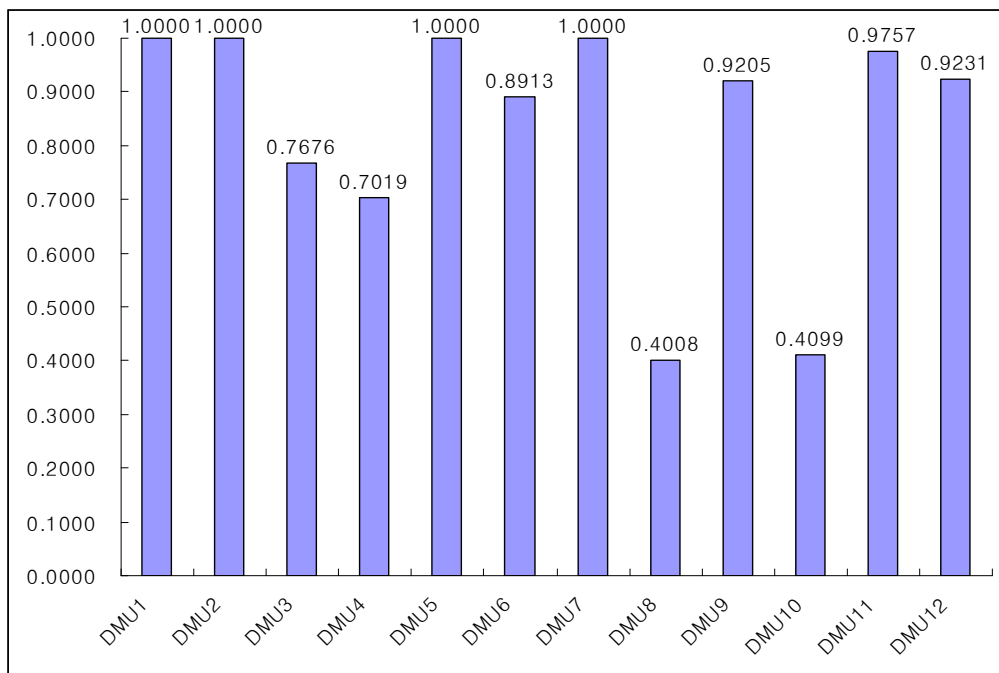


<그림 4-12> 2000년도 효율성 분석 결과(BCC)

4) 2001년도 효율성 분석 결과

2001년도 12개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU5(감만 한진), DMU7(감만 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨)은 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 전년도와 동일한 상황을 보여주는 것이며, DMU9(광양1단계 한진)는 전년도에 비하여 효율성 지수가 큰 폭으로 상승한 것을 알 수 있다.

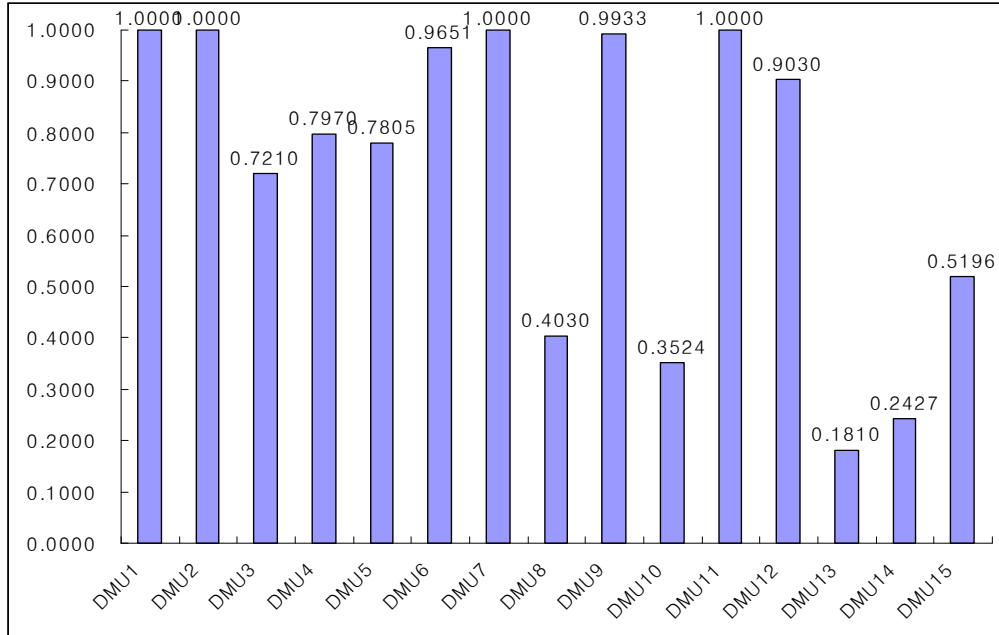


<그림 4-13> 2001년도 효율성 분석 결과(BCC)

5) 2002년도 효율성 분석 결과

2002년도 15개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU7(감만 대한통운), DMU11(광양1단계 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다. 2002년도에는 신감만부두, 광양2-1단계(동부건설, KIT)가 개장되었다. 즉, 2001년도까지 12개 터미널에서 2002년도에는 3개 터미널이 추가되어 총 15개의 터미널이 된다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT), DMU15(신감만)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 특히, DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT), DMU15(신감만)는 2002년에 개장한 터미널로서 컨테이너물량의 확보가 적은 것에 기인한 결과라 볼 수 있다.

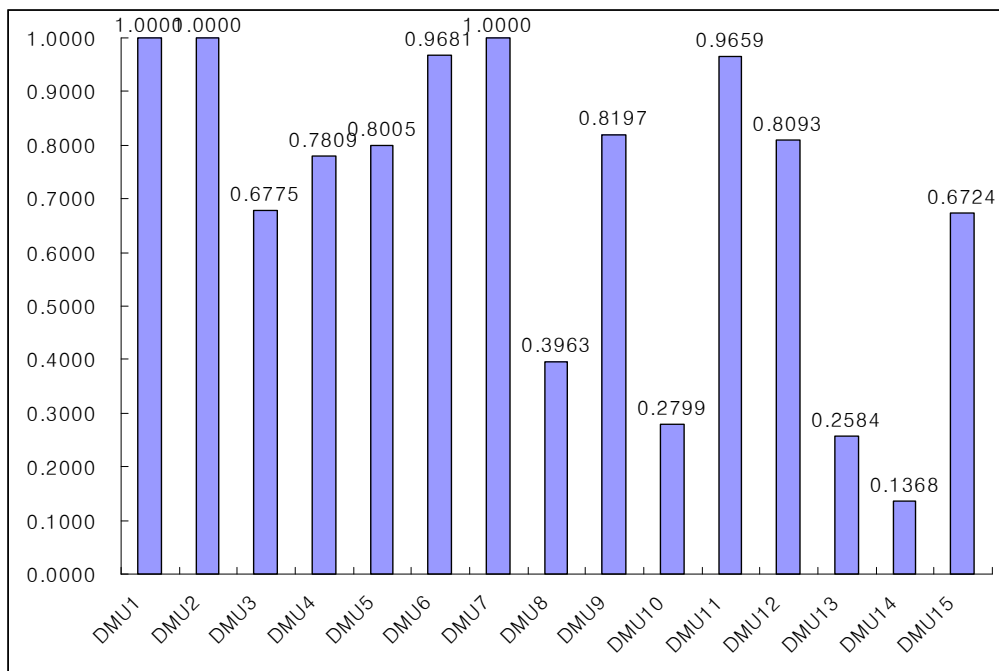


<그림 4-14> 2002년도 효율성 분석 결과(BCC)

6) 2003년도 효율성 분석 결과

2003년도 15개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU7(감만 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU8(광양1단계 세방), DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 전년도에 대비하여 DMU15(신감만)는 효율성 지수가 다소 상승한 것을 알 수 있다.

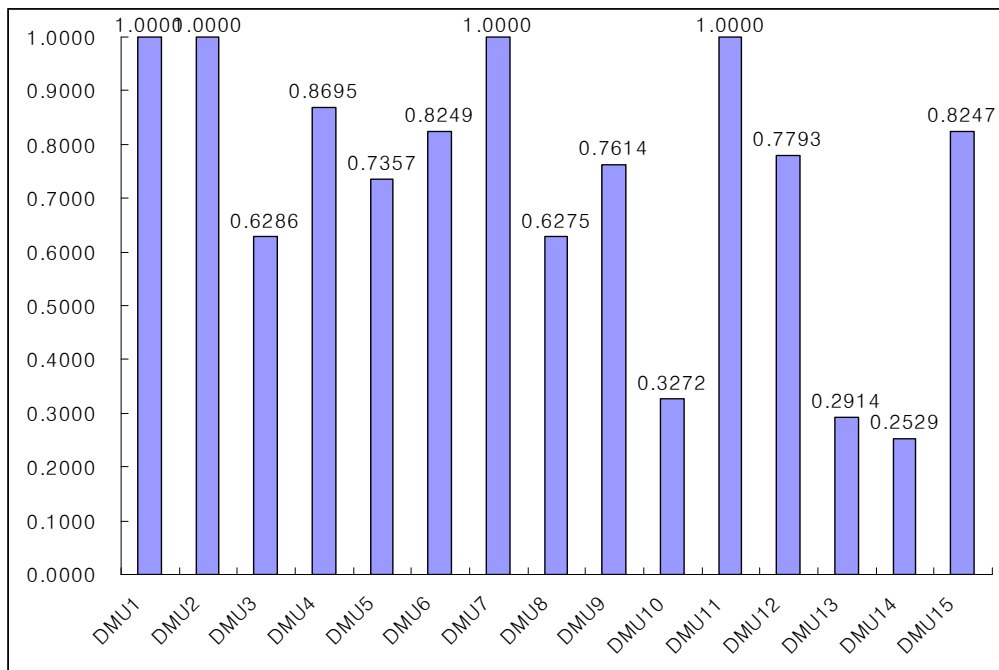


<그림 4-15> 2003년도 효율성 분석 결과(BCC)

7) 2004년도 효율성 분석 결과

2004년도 15개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU7(감만 대한통운), DMU11(광양1단계 대한통운)이 효율적인 터미널로 나타났다.

상대적으로, DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. DMU15(신감만)는 2002년 개장 이후 효율성 지수가 지속적으로 상승하고 있으며, DMU8(광양1단계 세방)은 전년도에 비해 소폭 상승한 것을 알 수 있다.

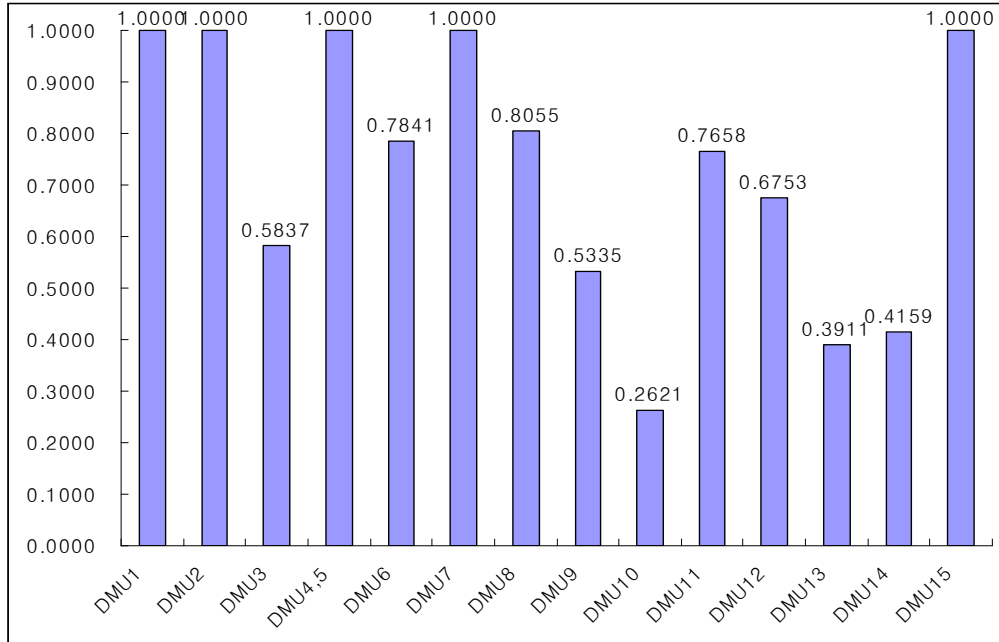


<그림 4-16> 2004년도 효율성 분석 결과(BCC)

8) 2005년도 효율성 분석 결과

2005년도 14개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU4,5(감만 BICT), DMU7(감만 대한통운), DMU15(신감만)가 효율적인 터미널로 나타났다. DMU4,5는 앞서 언급한 바와 같이, 2005년에는 감만부두 운영사 중 세방과 한진이 통합된 BICT터미널을 나타낸 것이다.

상대적으로, DMU10(광양1단계 허치슨), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT)는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. DMU15(신감만)는 2002년 개장 이후 효율성 지수가 지속적으로 상승하고 있으며, 2005년도에 들어서는 효율성 지수가 1로 나타남으로써, 효율적인 터미널도 나타났다.



<그림 4-17> 2005년도 효율성 분석 결과(BCC)

4.4 비효율적인 DMU에 대한 효율성 개선 방안

2005년도를 기준으로, 비효율적으로 평가된 컨테이너터미널에 대하여 비효율성의 원인을 파악하고 효율성을 증대시키기 위한 개선점을 도출하려 한다. 일반적으로 DEA분석에서는 효율성을 증대시키는 방법으로 투입요소를 감소하거나, 산출요소를 증가시키는 방법으로 구분하여 결과를 제시하고 있으나, 투입요소 증감의 경우 예를 들어 본선장비 G/C의 증감에 대한 결정에 있어서 해당 단가가 수십억원에 이르는 막대한 투자비 영향으로 Input 요소의 유연한 탄력성에 있어서 현실적으로 많은 제약이 따르므로, 따라서 본 연구에서는 효율적인 DMU가 되기 위하여 현재 투입요소 수준에서의 산출요소를 증대 하는 방안을 제시하고자 한다.

1) CCR 분석 결과에 대한 효율성 개선

2005년도 CCR분석 결과 비효율적인 DMU로 평가된 것은 DMU7(감만 대한통운), DMU15(신감만)를 제외한 모든 DMU로 나타났다. 이들 비효율적인 DMU 중 DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU8(광양 1단계 세방), DMU13(광양 2-1단계 동부) 등의 효율성을 개선할 수 있는 방안을 산출요소를 기준으로 제시하고자 한다.

2005년도 DMU1(자성대)의 효율성 평가 결과를 보면 효율성 값이 0.8517로 나타났다. 2005년 산출요소 기준으로 효율성을 향상시키기 위해서는 2005년 처리량 대비 17.4% 증가한 약 250만TEU를 처리할 경우 효율성을 개선할 수 있는 것으로 나타났다. DMU2(신선대)의 경우 효율성을 개선하기 위해서는 2005년 약 196만TEU의 처리량보다 51.1%(약 296만 TEU)를 증가시켜야 하는 것으로 분석되었다.

<표 4-5> 2005년 자성대 터미널의 세부 효율성 분석(CCR)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU1 (자성대)	0.8517	2,126,665	2,496,965	17.4

<표 4-6> 2005년 신선대 터미널의 세부 효율성 분석(CCR)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU2 (신선대)	0.6617	1,961,854	2,964,852	51.1

2005년도 DMU8(광양1단계 세방)의 효율성 평가값은 0.8055로 비효율적인 DMU로 구분되었다. 2005년 산출요소 기준으로 효율성을 향상시키기 위해서는 2005년 처리량 약 33만 TEU보다 24.1% 많은 약 41만 TEU로 증가시킬 경우 효율성을 개선할 수 있는 것으로 나타났다.

DMU13(광양2-1단계 동부)의 경우 효율성 값이 0.3911로 상당히 낮은 값을 나타내고 있으며, 이를 개선하기 위해서는 2005년 처리량(약 16만 TEU)보다 많은 약 41만 TEU(155.7% 증가)를 처리해야 효율적인 DMU로 개선시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

<표 4-7> 2005년 광양1단계 세방터미널의 세부 효율성 분석(CCR)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU8 (광양1단계 세방)	0.8055	330,213	409,958	24.1

<표 4-8> 2005년 광양2-1단계 동부터미널의 세부 효율성 분석(CCR)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU13 (광양 2-1단계 동부)	0.3911	160,383	410,031	155.7

2) BCC 분석 결과에 대한 효율성 개선

2005년도 기준 BCC분석 결과 비효율적인 DMU로 평가된 것은 DMU3(우암부두), DMU6(감만 허치슨), DMU8(광양 1단계 세방), DMU9(광양 1단계 한진), DMU13(광양 2-1단계 동부) 등 9개 DMU(총 14개 DMU)이며 이들 중 DMU3, DMU6, DMU12, DMU14에 대해 산출요소를 기준으로 효율성을 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2005년 DMU3(우암)의 효율성 값은 0.5837이며, 이를 개선하기 위해서는 2005년 처리량 약 58만TEU 보다 71.3% 증가한 약 99만TEU를 처리해야만 효율적인 DMU로 평가될 수 있는 것으로 나타났다. DMU6(감만 허치슨)의 경우는 2005년 보다 27.5%이상 많이 증가시켜야 효율성이 개선될 수 있는 것으로 분석되었다.

<표 4-9> 2005년 우암터미널의 세부 효율성 분석(BCC)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU3 (우암)	0.5837	577,322	989,123	71.3

<표 4-10> 2005년 감만 허치슨터미널의 세부 효율성 분석(BCC)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU6 (감만허치슨)	0.7842	680,100	867,267	27.5

2005년도 DMU12(감천)의 효율성값은 0.6753으로 평가되었으며, 이를 개선하기 위해서는 산출요소 기준으로 보았을 때, 약 50만TEU에서 48.1%증가한 약 74만 TEU이상이 되어야 효율성이 개선될 수 있는 것으로 나타났으며, DMU14(광양 2-1단계 KIT)의 경우는 효율성 값이 0.4159로 상당히 낮은 효율성 값을 나타내고 있으며, 이를 개선하기 위해서는 2005년 처리량 약 24만TEU보다 140.4% 이상 증가한 약 59만TEU 이상을 처리해야만 효율성이 개선될 수 있는 것으로 분석되었다.

<표 4-11> 2005년 감천터미널의 세부 효율성 분석(BCC)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU12 (감천)	0.6753	497,661	736,929	48.1

<표 4-12> 2005년 광양2-1단계 KIT터미널의 세부 효율성 분석(BCC)

DMU	효율성 값	컨테이너 처리량 (TEU)	효율성 투입산출 목표(projection)	목표대비 비율(%)
DMU14 (광양2-1단계 KIT)	0.4159	243,777	586,024	140.4

비효율적인 DMU들에 대한 산출요소 측면에서의 효율성 개선 결과를 살펴보면 상대적으로 처리 실적이 부족한 광양항에 위치한 터미널의 경우, 효율성을 개선하기 위해 요구되는 추가 처리량의 비율이 높은 것으로 나타났으며, 부산항에 위치한 터미널 중에서는 DMU3(우암)이 가장 많은 처리량 증가가 요구되는 것으로 나타났음에 따라 비효율적인 터미널 운영사는 추가 컨테이너 처리물량 확보에 많은 노력을 하여야 한다.

부산항과 광양항에 위치한 컨테이너전용터미널의 추가물량 확보에 있어서는 터미널운영사 자체의 노력 및 부산항만공사, 한국컨테이너부두공단, 시민단체, 정부기관 등이 공동으로 컨테이너 물량 증대를 위한 선사 및 화주 유치를 위하여 전략적인 마케팅 노력이 필요하다 하겠다.

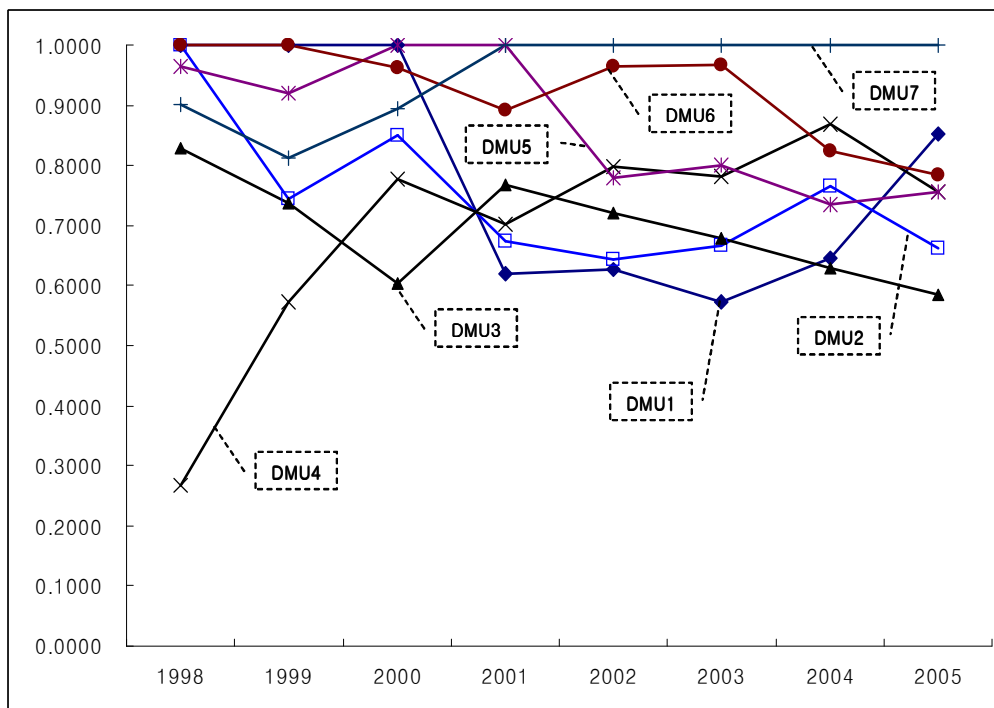
더불어 고부가가치 창출을 위하여 단순 컨테이너하역 뿐만 아니라 보관, 재가공 등의 복합작업 서비스를 제공할 수 있는 환적화물 유치에 역량을 집중해야 한다.

제 5 장 효율성 변화 분석

5.1 컨테이너터미널의 효율성 변화 분석

1) DEA-CCR 분석

본 절에서는 각 컨테이너터미널의 시간에 따른 효율성 변화를 살펴보고자 한다. 아래의 그림에서 보는 바와 같이, 총 15개 컨테이너터미널의 변화를 살펴보는 데 있어서, 편의상 DMU1~7과 DMU8~15를 구분해서 그래프로 나타내고 있다.

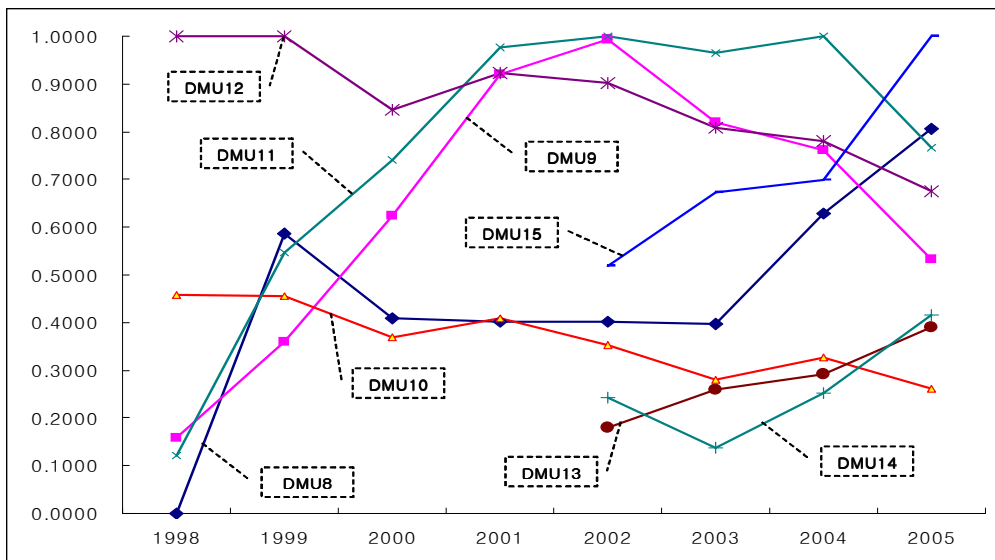


<그림 5-1> 효율성 변화 추이(CCR, DMU1~7)

<그림 5-1>에서 보는 바와 같이, DMU4(감만 세방)와 DMU7(감만 대한통운)은 효율성이 증가하고 있는 반면, 그 외의 DMU들은 감소 추세를 보이고 있다. 다만, DMU1(자성대)은 감소하다가 2005년 들어 효율성이 다소 상승한 것을 알 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이, 2005년에는 감만부두의 운영사 중 세방(DMU4)과 한진(DMU5)이 통합되었다. 따라서 2005년에는 이를 합쳐 DMU4,5로 표현하였으나, 추이를 살펴보기 위하여 각각을 분리하고 각각에 대하여 동일한 효율성 지수를 부여하여 나타내었다.

DMU8~15까지의 효율성 변화 추이를 살펴보면, 아래의 그림에서 보는 바와 같이, DMU8(광양1단계 세방), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT), DMU15(신감만)는 증가추세를 보이고 있는 반면, DMU10(광양1단계 허치슨), DMU12(감천)는 감소추세를 보이고 있다. 그 외 DMU9(광양1단계 한진), DMU11(광양1단계 대한통운)은 효율성이 급격히 증가하다가 다소 감소하고 있는 것을 알 수 있다.



<그림 5-2> 효율성 변화 추이(CCR, DMU8~15)

2) DEA-BCC 분석

DEA-BCC모형은 DEA-CCR모형과 달리 각 평가대상의 규모의 수익에 대한 증가 상태 혹은 감소상태 혹은 불변상태 등의 정보를 추가적으로 제시하여 준다.

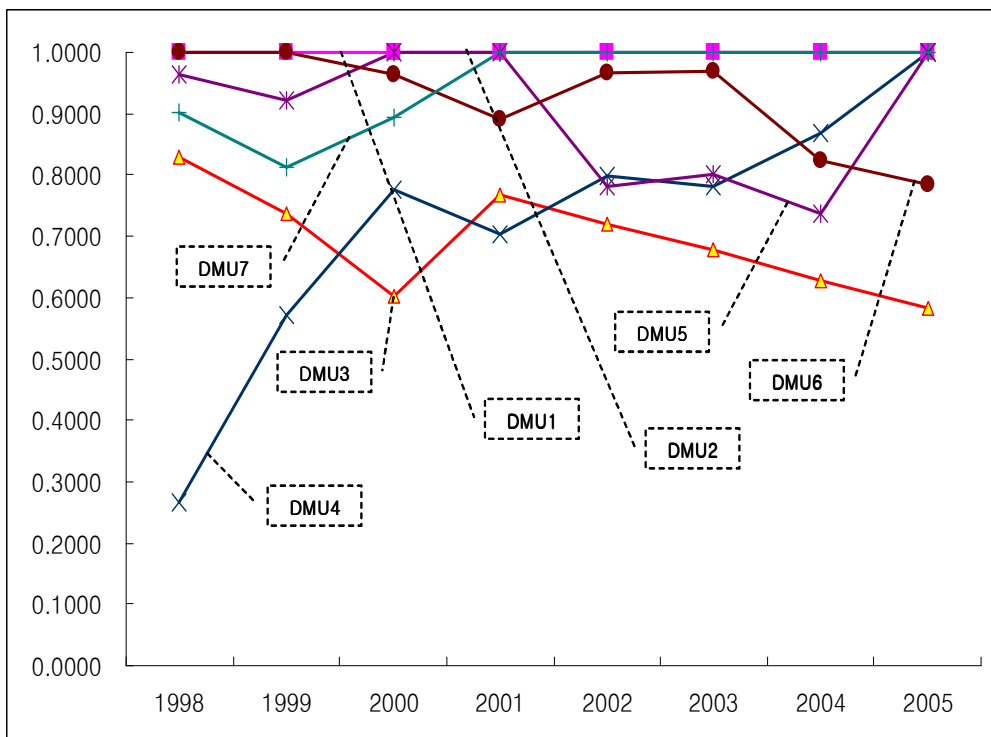
아래 표에서 보는 바와 같이, DMU1(자성대)과 DMU2(신선대)는 매년, DMU15(신감만)는 2004년, DMU3(우암)과 DMU4(감만 세방)는 2005년에 규모의 수익에 대한 지표가 모두 IRS(Increase Return to Scale), 즉, 규모의 수익 증가상태를 나타내고 있으며, 나머지는 모두 CRS(Constant Return to Scale), 즉, 규모의 수익 불변상태를 나타내고 있다.

<표 5-1> DEA-BCC모형 효율성 분석 결과(1998~2005년)

	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
DMU1	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS
DMU2	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS	1.000	IRS
DMU3	0.829	CRS	0.738	CRS	0.602	CRS	0.768	CRS	0.721	CRS	0.678	CRS	0.629	CRS	0.584	CRS
DMU4	0.267	CRS	0.572	CRS	0.776	CRS	0.702	CRS	0.797	CRS	0.781	CRS	0.870	CRS	1.000	IRS
DMU5	0.964	CRS	0.921	CRS	1.000	CRS	1.000	CRS	0.781	CRS	0.801	CRS	0.736	CRS	1.000	IRS
DMU6	1.000	CRS	1.000	CRS	0.963	CRS	0.891	CRS	0.965	CRS	0.968	CRS	0.825	CRS	0.784	CRS
DMU7	0.901	CRS	0.812	CRS	0.895	CRS	1.000	CRS	1.000	CRS	1.000	CRS	1.000	CRS	1.000	CRS
DMU8	0.000	CRS	0.586	CRS	0.409	CRS	0.401	CRS	0.403	CRS	0.396	CRS	0.628	CRS	0.806	CRS
DMU9	0.158	CRS	0.360	CRS	0.625	CRS	0.921	CRS	0.993	CRS	0.820	CRS	0.761	CRS	0.534	CRS
DMU10	0.458	CRS	0.455	CRS	0.370	CRS	0.410	CRS	0.352	CRS	0.280	CRS	0.327	CRS	0.262	CRS
DMU11	0.122	CRS	0.548	CRS	0.740	CRS	0.976	CRS	1.000	CRS	0.966	CRS	1.000	CRS	0.766	CRS
DMU12	1.000	CRS	1.000	CRS	0.845	CRS	0.923	CRS	0.903	CRS	0.809	CRS	0.779	CRS	0.675	CRS
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	0.181	CRS	0.258	CRS	0.291	CRS	0.391	CRS
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	0.243	CRS	0.137	CRS	0.253	CRS	0.416	CRS
DMU15	-	-	-	-	-	-	-	-	0.520	CRS	0.672	CRS	0.825	IRS	1.000	CRS

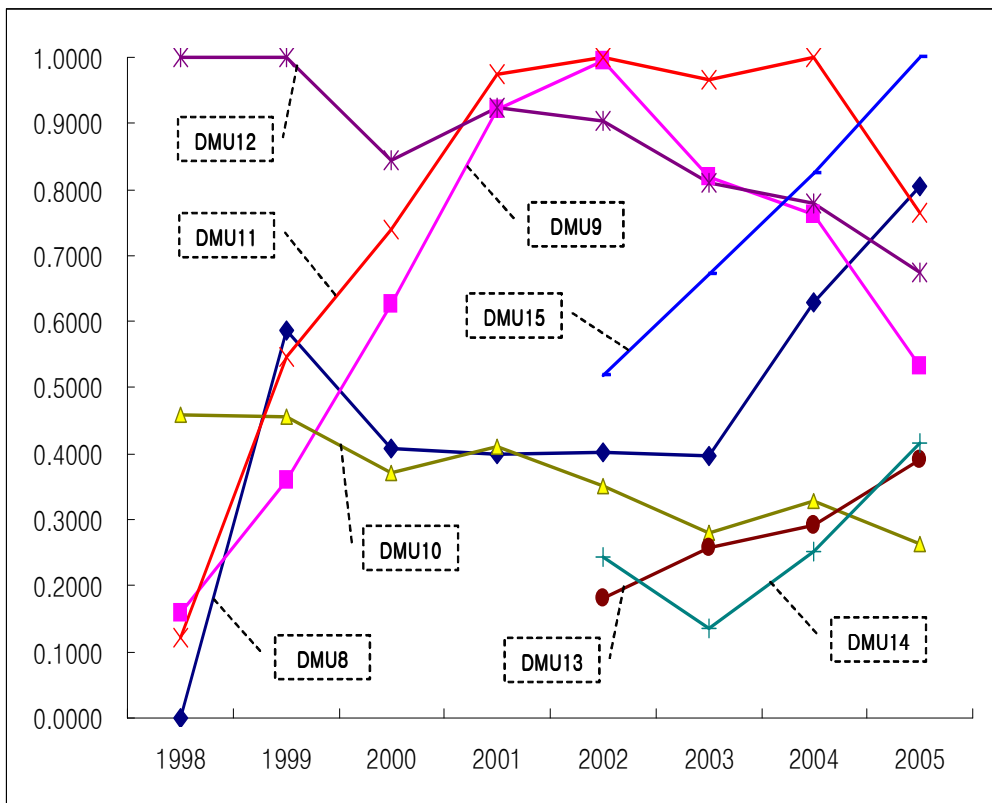
BCC분석 결과는, CCR분석 결과와 다소 상이한 차이를 보이고 있다. 아래의 그림에서 보는 바와 같이, DMU1~7까지의 효율성 변화 추이를 살펴보면, DMU1(자성대)과 DMU2(신선대)는 1998년에서 2005년까지 꾸준히 높은 효율성(1)을 보이고 있으며, DMU4(감만 세방)와 DMU7(감만 대한통운)은 증가추세를 보이고 있다. 반면, DMU3(우암)과 DMU6(감만 허치슨)은 감소추세를 보이고 있다.

특이할만한 점은, DMU4(감만 세방)와 DMU5(감만 한진)는 2005년에 BICT로 통합되면서, 그 전까지는 감소추세에 있다가 2005년에는 높은 효율성(1)을 보이고 있다는 점이다.



<그림 5-3> 효율성 변화 추이(BCC, DMU1~7)

DMU8~15까지의 효율성 변화 추이를 살펴보면, 아래의 그림에서 보는 바와 같이, DMU8(광양1단계 세방), DMU13(광양2-1단계 동부), DMU14(광양2-1단계 KIT), DMU15(신감만)는 증가추세를 보이고 있는 반면, DMU10(광양1단계 허치슨), DMU12(감천)는 감소추세를 보이고 있다. 그 외 DMU9(광양1단계 한진), DMU11(광양1단계 대한통운)은 효율성이 급격히 증가하다가 다소 감소하고 있는 것을 알 수 있다.

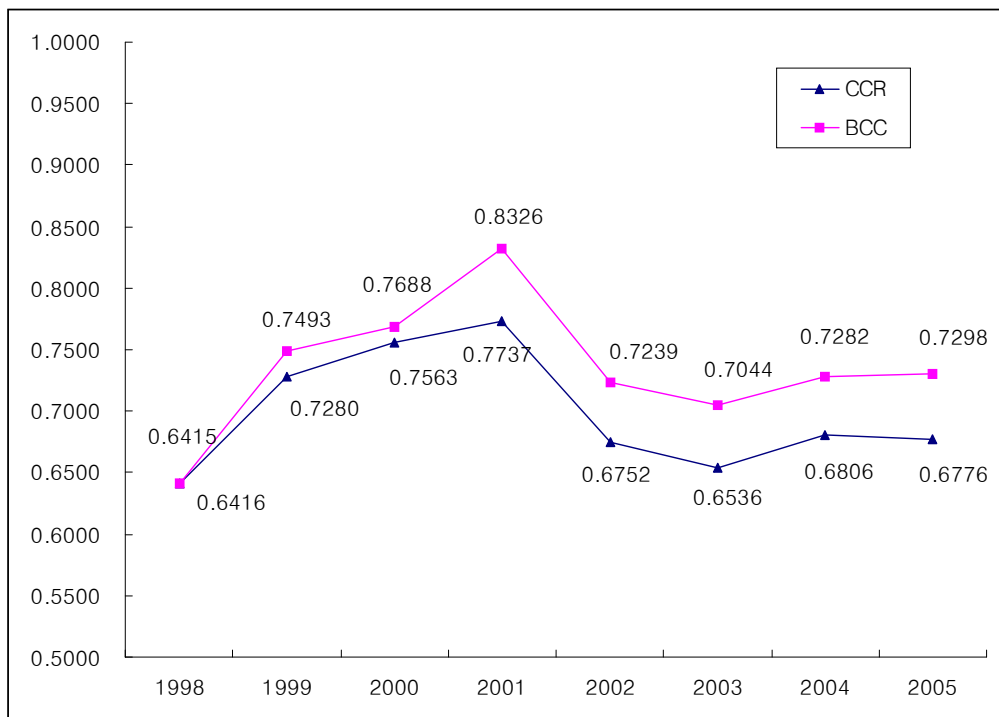


<그림 5-4> 효율성 변화 추이(BCC, DMU8~15)

3) DEA-CCR과 DEA-BCC 비교

항만 및 터미널을 대상으로 한 분석결과에서 동일하게 DEA-BCC모형 효율성 분석 결과가 DEA-CCR모형의 결과에 비해 효율적인 DMU 수 및 효율성 지수 평균이 높게 평가된 것을 알 수 있다.

이는 앞서 이론적 고찰에서 살펴보았듯이 DEA-BCC모형의 경우는 비교적 Frontier Line이 DEA-CCR모형의 경우보다 분석대상이 되는 DMU들에게 유리하게 적용됨으로써 전체적인 효율성 평균이 높게 평가 되었다고 해석할 수 있다. 그러나 효율성 지수의 평균은 다소 차이를 보이더라도 연도별 효율성 평균의 증가 또는 감소 등의 변화 패턴은 동일한 것으로 분석되었다.



<그림 5-5> CCR과 BCC 효율성 지수 평균 비교

다음 <표 5-2>에서 보는 바와 같이, 각 연도별 CCR과 BCC를 비교하여 살펴보면, 효율적인 터미널(효율성 지수 1) 수는 CCR보다 BCC에서 다소 많이 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

DMU7(감만 대한통운)은 2001년도부터 CCR과 BCC 모두에서 효율적인 터미널인 것으로 나타났고, DMU1(자성대)과 DMU2(신선대)는 대체로 지속적인 효율성을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

또한, 규모 효율성을 살펴볼 필요가 있다. 규모 효율성은 특정한 투입과 산출 배합 하에서 평균생산량이 최대로 되는 점과 현재의 산출 수준을 비교하는데 많이 사용되는 방법이다. 이는 CCR 모형에서 얻어지는 총합 효율성 값을 BCC 모형에서 산출된 순수 기술효율성의 값으로 나누어줌으로써 추정할 수 있다.

2005년을 기준으로 살펴본 결과, 규모 효율성이 가장 높은 터미널은 DMU3(우암, 100%)과 DMU6~15(감만 허치슨, 감만 대한통운, 광양1단계 세방, 광양1단계 한진, 광양1단계 허치슨, 광양1단계 대한통운, 감천, 광양 2-1단계 동부, 광양2-1단계 KIT, 신감만, 100%)인 것으로 나타났다. 반면 규모 효율성이 낮은 터미널은 DMU1(자성대, 85.2%), DMU2(신선대, 66.2%), DMU4(감만 한진, 75.6%), DMU5(감만 세방, 75.6%)인 것으로 나타났으며, DMU4,5는 2005년 BICT로 통합운영 후 별도 처리실적을 구분할 수 없어 총 처리량을 산출 평균 값으로 분석한 결과이다.

<표 5-2> DEA-CCR모형과 DEA-BCC모형간 효율성값 비교(1998~2005년)

구분	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		Scale Efficiency (%)
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	
DMU1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.620	1.000	0.626	1.000	0.573	1.000	0.646	1.000	0.852	1.000	85.2
DMU2	1.000	1.000	0.745	1.000	0.850	1.000	0.673	1.000	0.643	1.000	0.666	1.000	0.765	1.000	0.662	1.000	66.2
DMU3	0.829	0.829	0.738	0.738	0.602	0.602	0.768	0.768	0.721	0.721	0.678	0.678	0.629	0.629	0.584	0.584	100
DMU4	0.267	0.267	0.572	0.572	0.776	0.776	0.702	0.702	0.797	0.797	0.781	0.781	0.870	0.870	0.756	1.000	75.6
DMU5	0.964	0.964	0.921	0.921	1.000	1.000	1.000	1.000	0.781	0.781	0.801	0.801	0.736	0.736	0.756	1.000	75.6
DMU6	1.000	1.000	1.000	1.000	0.963	0.963	0.891	0.891	0.965	0.965	0.968	0.968	0.825	0.825	0.784	0.784	100
DMU7	0.901	0.901	0.812	0.812	0.895	0.895	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	100
DMU8	0.000	0.000	0.586	0.586	0.409	0.409	0.401	0.401	0.403	0.403	0.396	0.396	0.628	0.628	0.806	0.806	100
DMU9	0.158	0.158	0.360	0.360	0.625	0.625	0.921	0.921	0.993	0.993	0.820	0.820	0.761	0.761	0.534	0.534	100
DMU10	0.458	0.458	0.455	0.455	0.370	0.370	0.410	0.410	0.352	0.352	0.280	0.280	0.327	0.327	0.262	0.262	100
DMU11	0.122	0.122	0.548	0.548	0.740	0.740	0.976	0.976	1.000	1.000	0.966	0.966	1.000	1.000	0.766	0.766	100
DMU12	1.000	1.000	1.000	1.000	0.845	0.845	0.923	0.923	0.903	0.903	0.809	0.809	0.779	0.779	0.675	0.675	100
DMU13	-	-	-	-	-	-	-	-	0.181	0.181	0.258	0.258	0.291	0.291	0.391	0.391	100
DMU14	-	-	-	-	-	-	-	-	0.243	0.243	0.137	0.137	0.253	0.253	0.416	0.416	100
DMU15	-	-	-	-	-	-	-	-	0.520	0.520	0.672	0.672	0.700	0.825	1.000	1.000	100

5.2 연구의 결과 및 의미

1) 항만별 개장 이후 효율성 변화 분석

1998년 이후부터 2005년까지 부산항 및 광양항에서 개장한 11개 부두운영사를 대상으로 규모의 수익을 감안한 DEA-BCC분석에 의한 효율성 변화를 연도별로 나타내면 아래표와 같다.

부산항의 경우 1998년도에 감만터미널 4개 선석이 세방(DMU4), 한진해운(DMU5), 허치슨(DMU6), 대한통운(DMU7)에 의해 독립적으로 운영되었고 2002년에는 신감만부두(DMU15)가 신규 개장하였으며 연도별 차이는 있지만 각 운영사는 개장 후 안정적 효율성을 보이고 있다.

광양항의 경우 1998년도에 광양항1단계 부두(DMU8:세방, DMU9:한진해운, DMU10:허치슨, DMU11:대한통운) 4개 부두가 개장한 이래로 2002년도에 2-1단계 동부(DMU13)와 KIT(DMU14)부두가 개장하였으나 개장 이후 지금까지 여전히 낮은 효율성을 보여주고 있다.

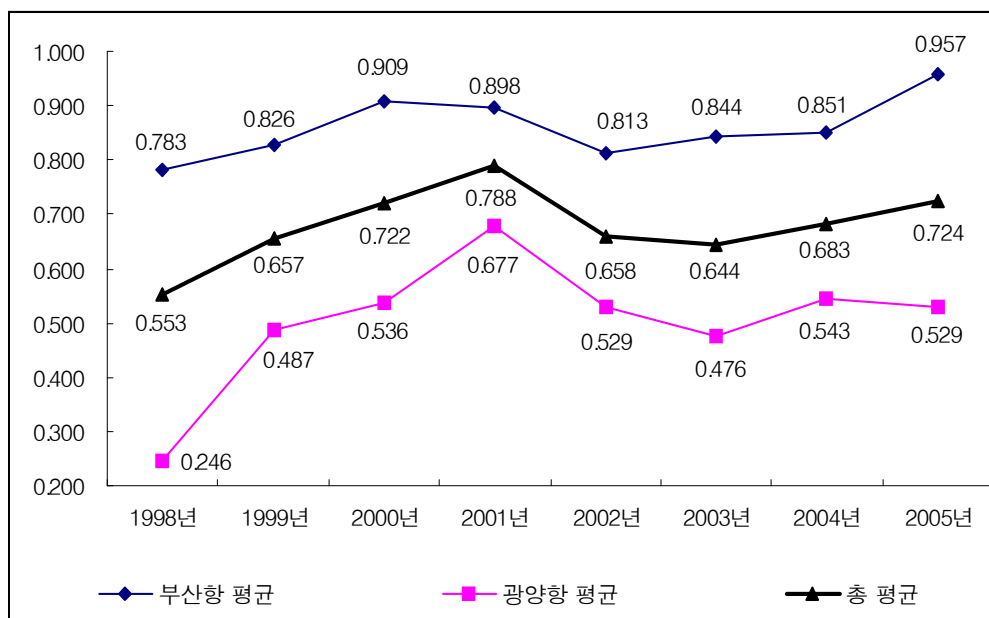
<표 5-3> 신규개장부두의 효율성 분석 결과(DEA-BCC모형)

구분	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	개장년도
DMU4	0.267	0.572	0.776	0.702	0.797	0.781	0.870	1.000	1998.4
DMU5	0.964	0.921	1.000	1.000	0.781	0.801	0.736	1.000	1998.4
DMU6	1.000	1.000	0.963	0.891	0.965	0.968	0.825	0.784	1998.4
DMU7	0.901	0.812	0.895	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1998.4
DMU15					0.520	0.672	0.825	1.000	2002.4
부산항 평균	0.783	0.826	0.909	0.898	0.813	0.844	0.851	0.957	
DMU8		0.586	0.409	0.401	0.403	0.396	0.628	0.806	1999.7
DMU9	0.158	0.360	0.625	0.921	0.993	0.820	0.761	0.534	1998.12
DMU10	0.458	0.455	0.370	0.410	0.352	0.280	0.327	0.262	1998.1
DMU11	0.122	0.548	0.740	0.976	1.000	0.966	1.000	0.766	1998.7
DMU13					0.181	0.258	0.291	0.391	2002.4
DMU14					0.243	0.137	0.253	0.416	2002.4
광양항 평균	0.246	0.487	0.536	0.677	0.529	0.476	0.543	0.529	
총 평균	0.553	0.657	0.722	0.788	0.658	0.644	0.683	0.724	

1998년 이후 신규 개장한 부산항에 위치한 5개 부두운영사와 광양항에 위치한 6개 운영사의 평균 효율성은 아래 그림과 같으며 전반적으로 부산항에 위치한 부두운영사의 효율성이 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

1998년 부산항과 광양항에 같이 4개 선석이 개장하였으며 개장 이후 2001년까지는 효율성이 완만하게 상승하다 2002년도부터 효율성이 낮아졌는데 이는 2002년도 광양항에 추가 개장한 2-1단계 동부(DMU13)부두와 KIT부두(DMU14)가 광양항의 기대할만한 추가 물동량 확보에 실패하여 효율성이 개장 이후 4년차인 2005년까지의 평균 효율성이 0.2713으로 극히 낮아 광양항 전체 평균이 저조함을 알 수 있다.

반면에 부산항의 경우 2002년에 신규 개장한 신감만부두(DMU15)의 낮은 효율성 영향으로 평균 효율성이 다소 하락하였으나 2003년부터는 신감만부두의 점진적인 물량 확보에 따른 효율성 향상으로 부산항의 평균 효율성도 점차 회복되었으며 2005년에는 감만 허치슨부두(DMU6)를 제외한 모든 부두가 효율성이 높게 나타났다.



<그림 5-6> 신규개장부두의 항만별 효율성 변화 추이(DEA-BCC모형)

2) 항만운영 주체별 효율성 변화 분석

부산항 및 광양항의 부두운영 주체별로 하역사와 선사를 구분하여 효율성을 분석하였다. 하역사가 운영하는 부두의 경우 감만 허치슨부두(DMU6), 광양1단계 허치슨부두(DMU10)와 광양2-1단계 KIT부두(DMU14)와 같이 외국계 하역사가 운영하는 3개 부두와 국내하역사가 운영하는 부산항 6개 부두, 광양항 4개 부두 합계 10개 부두로 나누어 효율성을 분석하였고, 선사가 운영하는 부두는 한진해운에서 운영하는 감만 한진부두(DMU5)와 감천부두(DMU12) 2개 부두를 분석하였으며 효율성 결과는 아래표와 같다.

<표 5-4> 항만운영 주체별 효율성 분석 결과(DEA-BCC모형)

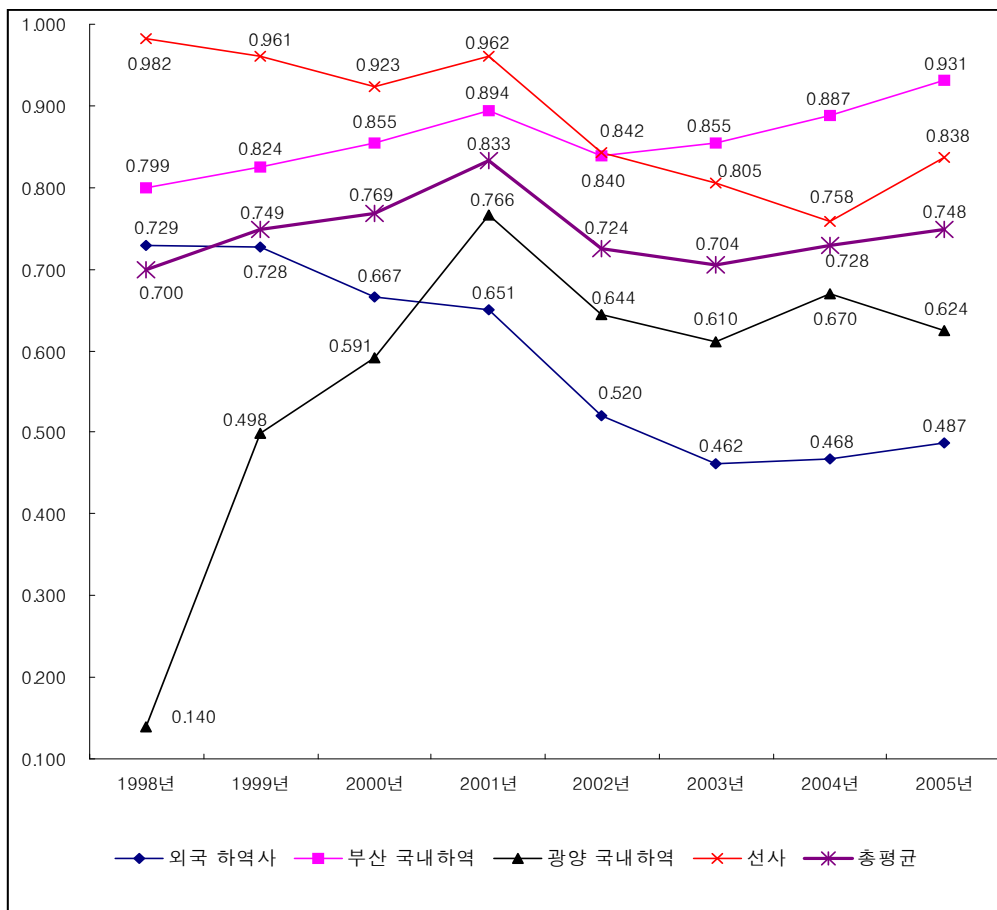
구 분		1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
하역사 (외국)	DMU6	1.000	1.000	0.963	0.891	0.965	0.968	0.825	0.784
	DMU10	0.458	0.455	0.370	0.410	0.352	0.280	0.327	0.262
	DMU14					0.243	0.137	0.253	0.416
	외국 하역사	0.729	0.728	0.667	0.651	0.520	0.462	0.468	0.487
하역사 (국내)	DMU1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	DMU2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	DMU3	0.829	0.738	0.602	0.768	0.721	0.678	0.629	0.584
	DMU4	0.267	0.572	0.776	0.702	0.797	0.781	0.870	1.000
	DMU7	0.901	0.812	0.895	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	DMU15					0.520	0.672	0.825	1.000
	부산 국내하역	0.799	0.824	0.855	0.894	0.840	0.855	0.887	0.931
	DMU8		0.586	0.409	0.401	0.403	0.396	0.628	0.806
	DMU9	0.158	0.360	0.625	0.921	0.993	0.820	0.761	0.534
	DMU11	0.122	0.548	0.740	0.976	1.000	0.966	1.000	0.766
	DMU13					0.181	0.258	0.291	0.391
	광양 국내하역	0.140	0.498	0.591	0.766	0.644	0.610	0.670	0.624
국내 하역사	0.611	0.702	0.756	0.846	0.762	0.757	0.800	0.808	
선사	DMU5	0.964	0.921	1.000	1.000	0.781	0.801	0.736	1.000
	DMU12	1.000	1.000	0.845	0.923	0.903	0.809	0.779	0.675
	선사	0.982	0.961	0.923	0.962	0.842	0.805	0.758	0.838
총평균		0.700	0.749	0.769	0.833	0.724	0.704	0.728	0.748

선사가 운영하는 부두와 부산항에 위치한 국내하역사가 운영하는 부두의 경우 효율성이 전체 평균보다 높게 나타났으며, 외국계 하역사 및 광양항에 위치한 국내하역사의 경우 효율성 같이 평균보다 낮게 나타났음을 알 수 있다.

부산항에 위치한 국내하역사의 경우 2002년을 기점으로 선사가 운영하는 부두보다도 효율성이 높게 나타났는데, 이는 자사 물량위주로 부두를 운영하는 것보다는 부두하역 전문운영사가 여러 선사를 대상으로 물량을 유치하여 부두를 운영하는 것이 더 효율성이 높다는 것을 시사 할 수도 있다.

외국계 하역사의 효율성은 평균 이하이며 4개 비교 대상에서 제일 효율성이 낮은 만큼 국내 컨테이너터미널을 외국계 하역사가 운영하는 것이 우리나라의 물량확보에 기대할 만큼의 성과가 없습도 알 수 있다.

더불어 국내 하역사의 경우 부산항에 위치한 하역사의 8년간 평균 효율성 값이 0.861로써 광양항의 평균 효율성 값인 0.568 대비 높게 나타나고 있다.



<그림 5-7> 항만운영 주체별 효율성 변화 추이(DEA-BCC모형)

3) 터미널 개장 이후 타터미널의 효율성 변화 분석

1998년에 부산항 감만부두에 4개 터미널, 광양항 1단계 부두에 4개터미널이 개장하였으며 2002년에는 부산항에 신감만부두가 광양항에는 2-1단계 동부부두와 KIT부두가 추가 개장하였다.

규모의 수익을 감안한 DEA-BCC 효율성 값으로 분석을 해보면 부산항의 경우 감만부두 4개 운영사가 개장한 1998년도에 DMU1(자성대), DMU2(신선대)는 Infra를 잘 구축함에 따라 부두운영의 경쟁력을 갖춰 안정적인 물량확보를 이루어 큰 영향 없이 효율성 값이 계속 높게 나타났으나 DMU3(우암), DMU12(감천)은 자성대, 신선대부두에 비하여 부두의 규모 등에서 경쟁력이 뒤져 물량 유실로 인하여 효율성 값이 계속 하락함을 알 수 있다.

신감만부두가 개장한 2002년 이후에도 규모 등 경쟁력을 갖춘 DMU1(자성대), DMU2(신선대)는 지속적으로 효율성 값이 높았으나 DMU3(우암), DMU12(감천)은 1998년 감만부두의 개장 경우와 같이 효율성 값이 계속 하락 추세를 보이고 있다.

광양항의 경우 1998년도 광양항 지역에 광양항 1단계 4개 부두가 처음 컨테이너부두가 개장함에 따라 광양항의 타터미널 영향은 있을 수 없으며 다만, 부산항의 일부 물량이 광양항으로 이전함으로 인하여 부산항 경쟁력이 미약한 일부 부두의 효율성 값의 하락에 영향을 주었음을 추론할 수 있다.

광양항 2-1단계 부두(DMU13,14)가 개장한 2002년 이후의 경우도 특이할만한 물량 유입 요소가 없어 타터미널에 미친 영향은 미미하다고 볼 수 있다. 최근 중앙정부의 광양항 개발 정책도 물량 증가율을 초과하는 현재까지의 선석 공급 확대의 예산낭비 지적에 따라 향후의 정책은 신규 물량을 유입할 수 있는 항만물류의 Infra 구축 확대로 방향을 수정하고 있다.

결론적으로 부두가 신규 개장하더라도 부두의 규모, C.I.Q.를 비롯한 항만물류의 Infra 구축 등 경쟁력이 잘 갖춰진 부두의 경우는 물량 유실 없이 안정적인 부두운영이 지속되지만 경쟁력이 약한 부두의 경우 물량 유실로 인한 효율성 값이 지속적으로 떨어진다는 것을 알 수 있다.

4) 규모 효율성 분석 결과

앞서 5장의 <표 5-2> DEA-CCR모형과 DEA-BCC모형간의 효율성 값 비교표에서 최근 2005년도 규모 효율성(Scale Efficiency)을 분석하였다. 규모 효율성이란 주어진 투입(In-put) 및 산출(Out-put) 요소 아래에서 평균 생산량이 최대가 되는 점과 현재의 산출 수준을 비교하는데 많이 사용되는 방법이며, 연구 결과 특이할만한 점은 DEA-BCC분석 결과 효율성 값이 높게 나타났던 DMU1(자성대), DMU2(신선대) 및 DMU4,5(감만 BICT)의 경우 규모 효율성(Scale Efficiency)은 각 85.2%, 66.2% 및 75.6%로써 낮게 나타나고 있다.

DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU4,5(BICT)의 경우 처리물량이 타 터미널에 비하여 많음에 따라 상대적 DEA-BCC 효율성 값은 높게 나타났지만 각 해당터미널의 투입요소에 비하면 규모 효율성은 낮음을 알 수 있는데 이는 시사하는 바가 매우 크다 하겠다.

결론적으로 DMU1(자성대), DMU2(신선대), DMU4,5(BICT)는 장비 및 야드면적 등의 주어진 투입요소에 비하여 생산성이 낮다는 것을 보여주며 더 많은 물량을 처리할 수 있다는 것을 의미한다. 특히 DMU2(신선대)의 경우 규모 효율성이 66.2%로써 현재의 투입(In-put)요소를 제대로 활용하면 훨씬 더 많은 물량을 처리 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

DMU4,5(BICT)의 경우도 통합 전에는 규모 효율성(Scale Efficiency)이 높았지만 통합운영 후 규모 효율성(Scale Efficiency)이 75.6%로 낮아지는데, 터미널이 각각 독립적으로 운영될 때보다 통합 운영 후 더 많은 물량을 처리 할 수 있다는 것을 의미하며 이는 향후 소규모 터미널의 경우 터미널 통합 후 생산성을 더 높일 수 있다는 것을 보여줌으로써 이 또한 시사하는 바가 매우 크다고 하겠다.

제 6 장 결론 및 향후 연구방향

6.1 결 론

본 연구에서는 우리나라 15개 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 1998년부터 2005년까지 8개년에 대한 효율성 분석을 실시하였다. 각 연도별 터미널의 상대적인 효율성을 측정하고 8개년 동안의 효율성 변화를 살펴봄으로써 각 터미널의 효율성 수준에 대한 정보뿐만 아니라, 향후 각 터미널이 효율성을 증대하기 위한 방안에 대한 시사점을 제공하고 있다.

각 터미널의 효율성 분석은 규모의 수익 불변을 가정하고 있는 DEA-CCR모형과 규모의 수익을 고려한 DEA-BCC 모형을 이용하여 분석하였으며 분석 결과에 대한 요약은 다음과 같다.

우선 DEA-CCR 모형을 이용한 분석 결과, 자성대 터미널의 운영사는 1999년 4월까지 부산 컨테이너 부두 운영공사에서 1999년 5월 현대상선(주)이 인수 운영 후 2002년 2월부터는 글로벌 터미널 운영사인 허치슨이 운영 중에 있다. 이 기간 중의 효율성 변화를 살펴보면 1998년~2000년 기간 동안은 효율성 값이 1로 분석되었다. 이후 비효율적인 DMU로 분석되고 있으나, 허치슨이 운영을 시작한 2002년 이후 2005년까지 효율성 값이 상승한 것으로 나타나고 있다. 신선대 터미널은 1998년도에 효율적인 DMU이었으나, 이후 비효율적인 DMU로 평가되고 있다. 1998년부터 운영을 시작한 감만의 4개 터미널 중 대한통운 터미널은 2001년 이후 지속적으로 효율성이 1의 값을 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 2002년 개장한 신감만터미널은 개장 이후 지속적인 효율성 증대를 보이고 있으며 2005년 효율성 값이 1로서 효율적인 DMU로 평가되었다.

광양항에 위치한 터미널들의 경우는 광양1단계 대한통운 터미널을 제외하고는 모든 연도에 대하여 비효율적인 터미널로 구분되고 있으며, 부산항에 비해 상대적으로 낮은 효율성 값을 보이고 있다.

DEA-BCC 모형을 이용한 분석결과, 자성대 허치슨 터미널과 신선대 터미널은 모든 연도에 있어 효율적인 터미널로 구분되었으며, 규모의 수익이 증가하는 것으로 평가되었다. 감만 대한통운 터미널은 경우 개장 4년차인 2001년 이후 지속적으로 효율성 값이 1인 것으로 평가되었으며, 광양항에 위치한 모든 터미널의 효율성 분석 결과는 DEA-CCR의 분석결과와 마찬가지로 낮게 나타나고 있다.

특이할만한 점은 2005년 10월에 감만 한진해운터미널과 세방터미널이 통합법인(BICT)을 설립 후 통합운영을 시작하였으며, 규모의 수익을 감안한 DEA-BCC 분석 결과에 의하면 통합전에 비하여 효율적인 터미널로 분석되었다. 따라서 터미널의 통합운영이 효율성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 사례를 보여 주고 있어, 향후 컨테이너터미널 통합운영으로의 방향을 제시 하고 있다.

이상 살펴본 바와 같이 우리나라 컨테이너 전용 터미널의 효율성은 운영 사별로 많은 차이를 나타내고 있으며, 지역적으로는 부산항에 위치한 터미널이 상대적으로 광양항에 위치한 터미널보다 높은 효율성을 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 이는 최근 광양항이 항만의 공급을 확대하였으나 항만의 이용자인 선사나 화주입장에서 항만물류 infra가 상대적으로 우수한 부산항을 광양항 대비 선호함으로써 우리나라 전체 컨테이너 화물 처리량의 약 80%를 차지하는 부산항의 집중도가 지속적으로 높게 나타나고 있음에 따른 것으로 판단된다.

비효율적으로 분석된 터미널들은 효율적인 터미널을 대상으로 효율성 향상을 위한 벤치마킹을 투입요소 및 산출요소 차원에서 구체적으로 수행할 필요가 있으며, 가장 주된 원인인 처리물량에 대한 확보 방안을 모색하여야 할 것으로 여겨진다.

그러나 우리나라의 컨테이너 물량은 터미널운영사만의 노력으로는 한계를 가지고 있으며 더욱이 최근 중국항만의 공급 확대는 우리나라 컨테이너 전용터미널의 물량 확보는 매우 어려운 과제일 수밖에 없을 것이다. 다행히 우리나라도 부산신항만이 개장을 하여 공급을 확대하고 있는 시점에 있으

며 외국적 선사 유치 등 추가 컨테이너 물량확보를 위하여 중앙 및 지방정부 차원의 Volume incentive제도, Mileage제도를 비롯한 각종 정책을 실시 및 예정 중에 있으므로 터미널운영사는 해외마케팅 활동을 더욱 강화해야 하며, 항만의 공급자인 터미널운영사 뿐만 아니라 항만의 이용자인 선사, 화주 등 항만산업 관련 업체와 더불어 부산항만공사, 컨테이너부두공단 및 중앙정부의 공동 노력이 함께 이루어져야 할 것이다.

6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구는 기존 연구에서 다루지 못했던 우리나라 터미널운영사별 컨테이너 전용 터미널의 상대적 효율성 분석을 1998~2005년까지 시간의 흐름에 따른 년도별 효율성 변화와 함께 살펴보았으나 다음과 같은 연구의 한계점을 내포하고 있다.

본 연구는 자료수집 등의 현실적인 문제로 산출요소를 총처리물량 1개 요소만을 이용하여 상대적 효율성을 분석함으로써 보다 포괄적인 효율성 분석 결과를 제시하지 못하고 있다. 이후, 보다 다양한 산출요소를 고려한 후속 연구가 이어져야 할 것이다.

또한 투입 및 산출요소로 사용된 자료는 정량적 자료만을 고려하여 컨테이너터미널 효율성을 분석하였으나 고객의 입장을 반영한 시간당 하역생산성 및 정성적 요소인 터미널의 서비스 수준 등을 포함한 효율성 분석 연구가 시도되어야 할 것으로 판단된다.

더불어 본 연구의 DMU 대상은 우리나라의 컨테이너터미널 중에 세계 해상수송의 기간항로에 위치한 부산항과 광양항에 위치한 대형 컨테이너부두 15개를 대상으로 분석하였으나, 향후에는 최근 컨테이너 물량이 증가하는 국내 피더항만인 인천항과 평택항에 위치한 부두도 포함하여 효율성을 분석 할 필요가 있다고 하겠다.

참고문헌

- 강상곤(2001), 『DEA모형을 이용한 컨테이너 항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구』, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문
- 김운수(2004), 『컨테이너터미널의 효율성 분석』, 한국해양대학교 대학원 박사학위논문
- 류동근(2005), “국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교 : DEA 접근”, 해운물류연구 제 47호, pp.21-38
- 송재영(2000), 『DEA/AHP를 이용한 컨테이너터미널 효율성에 관한 연구』, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문
- 송재영(2005), “DEA모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가”, 한국항해항만학회지, 제29권, 제3호, pp.195-201
- Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper(1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, 30, pp. 29-40.
- Barros, C. P.(2003), "incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities", *Maritime Economics & Logistics*, 5, pp.429-444
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rodes(1978), "Measuring the efficiency of decision making units," *European Journal of Operational Research*, 2, pp.429-444.
- 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.
- Dowd, T. J. and Leschine, T. M.(1990), "Container Terminal Productivity: A Perspective", *Maritime Policy and Management*, Vol. 17, pp.107-112
- 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.
- 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.
- 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.
- Park, R. K. & De P.(2004), "An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports", *Maritime Economics & Logistics*, 5, pp.53-69
- Tongzon, J.(2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and other International Ports using Data Envelopment Analysis", *Transportation Research, Part A* 35, pp.107-122
- Valentine, V. F. & Gray R.(2002), "Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East", *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum*, Korean Association of Shipping Studies, pp.161-176

우리나라 컨테이너터미널의 효율성 분석에 관한 연구

해운경영학과 박 병 근
지도 교수 류 동 근

본 논문에서는 우리나라 부산항 9개 터미널 및 광양항에 위치한 6개 컨테이너터미널을 합쳐 15개 운영사를 대상으로 터미널간의 효율성을 DEA(Data Envelopment Analysis)분석 방법론을 통해 상대적 효율성을 분석하고자 하였다.

효율성 분석의 접근 방법으로, 15개 컨테이너터미널 각 운영사별로 시간의 흐름에 따른 터미널의 효율성 변화를 살펴보기 위하여 1998년에서 2005년까지 8년간의 연도별 효율성 분석을 하였으며, Input 요소로는 선석길이, 본선장비 수, 야드장비 수, 터미널 총면적, 야드면적 등 5개, Output 요소로는 총 컨테이너처리량(TEU) 단일요소로 선정하여 효율성 변화에 대하여 보다 면밀한 분석을 하였다.

이를 위한 DEA분석 방법론은 크게 두 가지로 구분되어지는데, 규모의 수익불변을 가정한 CCR-DEA모형과 규모의 수익이 변하는 것을 가정으로 한 BCC-DEA모형이다. CCR과 BCC 기법의 두 가지 모형을 통해 효율성을 분석하였으며 각 효율성 분석 주요 결과 및 결과의 차이를 살펴보면 다음과 같다.

먼저 BCC-DEA모형에 의한 효율성 분석 결과가 CCR-DEA모형에 의한 효율성 값보다 높게 나타났으며, 특히 선석규모가 4개 이상인 대형항만의 경우 규모의 수익을 감안한 BCC-DEA모형 분석에서 상대적으로 효율성 값이 높았다.

다음으로 지역적 위치에 따른 효율성 값은 부산항에 위치한 터미널의 효율성 값이 광양항에 위치한 터미널의 효율성 값보다 높았으며 이는 CCR-DEA모형과 BCC-DEA모형에서 같은 결과가 나왔으며, 부산항의 경우 터미널 개장 이후 4년차부터는 효율성 값이 높게 나타나 터미널운영의 정상패도에 올랐음을 알 수 있었으나 광양항의 경우 개장 이후 많은 시간이 흘러도 여전히 낮은 효율성을 보이고 있으며, 이는 터미널 공급량보다 절대적으로 낮은 컨테이너 처리물량에 의해 기인된 것으로 판단된다.

또한 글로벌 외국 컨테이너터미널 운영사, 국내 컨테이너터미널 운영사, 선사 등 항만운영 주체별로 효율성을 분석한 결과, 선사의 자사물량 위주로 터미널을 운영하는 선사 직영 터미널과 외국 글로벌 컨테이너터미널 운영사가 운영하는 터미널보다 국내 컨테이너터미널 운영사가 운영하는 터미널 그룹의 효율성이 제일 높게 나타났음을 알 수 있었다.

그리고 신규터미널 개장 이후 인근의 경쟁터미널 효율성 변화 추이를 살펴본 결과 Infra 확보 등 경쟁력을 갖춘 터미널의 경우 효율성 값의 변화는 거의 없었으나 규모가 작은 터미널의 경우 물량 유실에 따른 효율성 값이 많이 하락하는 것으로 나타났다.

더불어 '05년 터미널 통합운영 법인 출범 이후 BCC-DEA 분석 결과 독립적으로 운영되는 경우보다 통합 운영되는 경우가 효율성 값이 높게 나타났는데 이는 통합운영 이후의 규모의 경제성이 반영된 결과라 볼 수 있으며 향후 소규모 터미널간의 통합에 영향을 끼칠 것으로 보여 진다.

마지막으로 규모효율성(Scale Efficiency)을 분석한 결과 상대적 효율성 값이 높게 나타난 신선대부두와 자성대부두의 경우, 터미널의 규모효율성은 낮게 나타났는데 이는 투입된 요소를 제대로 활용하면 지금보다 더 많은 물량을 처리할 수 있다는 것을 의미한다.

결론적으로 부산항 및 광양항에 위치한 컨테이너 터미널 운영사들의 효율성을 더 높이기 위하여는 Input 요소의 조정에 의한 방법은 여러 어려움이 따르므로 Output 요소인 추가 물량 확보를 위하여 해외마케팅을 강화하는 등 혼신의 노력을 더 기울여야 하겠다.