

우리나라 컨테이너터미널 효율성 분석에 관한 연구

박병근* · 최민승** · 송재영***

*(주)한진 영업지원팀 팀장, **한국해양대학교 대학원, ***한진물류연구원 선임연구원

A Study on the Efficiency Analysis of Container Terminal

Byung-Keun Park* · Min-Seung Choi** · Jae-Young Song***

*Hanjin Transportation Co., Ltd., Seoul 100-770, Korea

**Graduate school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

*** Hanjin Logistics Institute, Seoul 100-770, Korea

요 약 : 본 연구에서는 국내 컨테이너 전용 터미널(부산항 8개 터미널, 광양항 6개 터미널)을 대상으로 DEA(Data Envelopment Analysis) 분석을 통해 효율성을 분석하였다. 일정 시점을 대상으로 한 분석이 아니라, 1998년~2005년 동안의 효율성 분석을 실시하였으며, 이를 통해 각 터미널의 효율성 변화를 살펴보았다. 본 논문의 분석 결과는 우리나라 터미널의 상대적인 효율성 값을 제시해 줄 뿐만 아니라 신규 터미널 생성, 운영사의 변화, 터미널의 통합 운영 등에 따른 터미널 생산성의 변화 등을 제시하여 줌으로써 터미널 운영사의 향후 운영전략에 시사점을 제공하고 있다.

핵심용어 : 컨테이너터미널, 효율성분석, DEA모형, 의사결정단위, CCR분석, BCC분석

ABSTRACT : This paper presents a approach to the measurement of efficiency. Data envelopment analysis(DEA), as it is called, has particular applicability in the service sector. Applying mathematical programming techniques, DEA enables relative efficiency ratings to be derived within a set of analysed units. This paper investigates the efficiency employing DEA-CCR Model and DEA-BCC Model on data for 15 container terminals covering 1998~2005 in Korea. Results of this paper, suggests to some plan for operation strategy in Container terminals.

KEY WORDS : Container Terminal, efficiency analysis, DEA(Data Envelopment Analysis), DMU(Decision Making Unit), CCR, BCC

1. 서 론

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

부산항의 경우, 항만 내 모든 컨테이너터미널들이 민영화가 실현되었으며, 기타 세계 항만들도 글로벌 터미널 운영사 및 자국의 민영회사가 터미널을 운영하고 있는 실정이다. 이는 항만의 비영리적, 공영적 운영이라는 기존의 항만 운영 패러다

임을 벗어나 영리적, 효율적 운영이라는 새로운 패러다임으로 변화하고 있는 것을 시사한다. 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 평가에 관한 연구들은 다양한 방법론을 이용하여 항만의 효율성 분석을 실시하여 왔다. 그러나 항만 내 컨테이너터미널 운영사들을 대상으로 한 연구들은 제한적으로 이루어져 왔다. 항만의 효율성을 정확히 파악하기 위해서는 컨테이너터미널별로 분석할 필요성이 있다. 또한, 기존 문헌들은 일정시점의 효율성 분석을 주로 수행하고 있다. 그러나 각 터미널의 보다 정확한 효율성 분석을 위해서는 시간

* 대표저자: 박병근(정회원), bkpark@hanjin.co.kr 017-846-7966

**최민승(정회원), cms25@bada.hhu.ac.kr 051) 410-4930

**송재영(정회원), eversky@hanmail.net

의 흐름에 따른 효율성 변화를 살펴봄으로써, 효율성의 변화 패턴 및 효율성 변화의 원인을 찾는 연구가 진행될 필요성이 있다.

본 연구에서는 DEA(Data Envelopment Analysis) 방법론을 통해 국내 컨테이너전용 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 비율함수나 비율분석을 통한 컨테이너항만의 효율성 분석과는 다른 평가방법인 DEA방법을 통해 우리나라 15개 컨테이너 전용 터미널을 대상으로 8개년(1998년~2005년)에 대한 효율성 분석을 실시한다. 이를 위한 DEA방법론은 크게 두 가지로 구분되는데, 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, 1998~2005년까지의 시간의 흐름에 따른 효율성 증감을 분석하여 우리나라 컨테이너 터미널의 효율성 변화를 살펴보고자 한다. 이를 통해 시간의 흐름에 따라 효율성이 증대되고 있는 터미널들과 그렇지 않은 터미널들을 구분하여 살펴볼 수 있을 것이다. 마지막으로 실증분석을 통한 결과를 종합하여 항만과 관련된 주제 등에 시사점을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 항만효율성 관련 연구

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 컨테이너 터미널의 생산성은 노동, 장비 및 토지의 효율적인 이용에 달려 있으며, 따라서 생산성은 이 세 가지 요소의 효율적 이용을 계량화함으로써 측정할 수 있다고 하였다.

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 Table 1과 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(평양항, 부산항)을 포함한 세계 주요 53개 컨테이너항만을 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, 평양항에 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.

Table 1 Literature review

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-Bu-dria et al. (1999)	DEA	·노동비 ·감가상각비 ·기타 비용	·총 처리량 ·임대에 따른 수익	스페인 26개 터미널
Notteboom et al. (2000)	Baysian Stochastic Frontier Model	·안벽길이 ·터미널 면적 ·G/C의 수	·컨테이너처리량	유럽항만 36개 터미널
송재영 (2000)	DEA/AHP	·CY면적 ·하역장비 수 ·전산화 ·야드계획	·컨테이너처리량 ·선석점유율	국내 8개 터미널
Tongzon (2001)	DEA	·선석수 ·크레인 수 ·에인선 수 ·CY면적 ·대기시간 ·인원 수	·컨테이너처리량 ·선박 작업률	호주 및 세계 주요 16개 항만
Valentine & Gray (2002)	DEA	·컨테이너선석길이 ·총 선석길이	·컨테이너처리량 ·총처리량	유럽 및 아시아 12개 주요항만
K. Cullinane et al. (2002)	Stochastic Frontier Model	·안벽길이 ·터미널 면적 ·하역장비 수	·컨테이너처리량	아시아 지역항만 및 터미널(15개)
Barros(2003)	DEA	·자산장부가치 ·인원 수	·선박척수 ·화물처리량 ·총 선박척수 ·시장점유율 ·순수익 ·화물종류별 처리량	포르투갈 5개 항만
Park & De (2004)	DEA	·접안 선박척수 ·화물처리규모	·기항 선박척수 ·항만수입 ·고객만족점수	국내 11개 항만
류동근 (2005)	DEA	·종업원 수 ·부두길이 ·부지면적 ·G/C의 수	·컨테이너처리량 ·연간선석점유율 ·컨테이너 내장 화물톤수	국내 부산항 및 평양항 터미널

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

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

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.

2.2 효율성

효율성의 정의는 다양하지만, 기업의 생산과정에서의 효율성이란 다분히 기술적인 의미를 내포하고 있어서 투입물에 대한 산출량의 비율을 의미하며 이런 맥락에서 여러 가지 투입요소를 이용하여 산출물을 생산하는 다수투입-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.

2.3 DEA모형

Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 제시한 DEA모형³⁾은 다수의 산출요소와 투입요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 또한, 평가대상인 DMU(Decision Making Unit, 의사결정 단위)들의 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 평가방법이다.

DEA모형은 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능 집합에 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 정

도인지에 대한 수치적 정보를 제공해줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다는 장점이 있다.

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. 둘째, DEA모형에서는 평가대상 조직과 투입과 산출관계가 유사한 다른 효율적인 조직들이 먼저 선정되고 이를 준거집단으로 하여 상대평가를 한다. 이에 따라, 비효율적인 조직의 경우에는 실현 가능한 목표치의 설정이 가능하다. 셋째, DEA모형에서는 평가 대상조직의 효율성을 최대화 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 동시적으로 고려할 수 있다.

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 수익체중, $U_0' = 0$ 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. 효율성 분석

3.1 분석 대상

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

현재, 부산항의 컨테이너전용부두는 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 컨테이너전용부두는 광양1단계(1998년 7월 개장), 광양2-1단계(2002년 4월 개장)로 구분된다.

3) DEA(Data Envelopment Analysis : 자료포괄분석)

본 연구에서는 앞서 열거한 컨테이너전용부두를 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 살펴보려 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 효율성에 의 영향 및 변화 등도 함께 볼 수 있다.

3.2 변수 선정

DEA모형을 이용한 효율성 평가에는 다수의 투입, 산출변수를 동시에 고려하여 상대적으로 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 컨테이너처리량(TEU)을 선정하였다.

DEA 분석에 사용된 변수 및 변수정의

[Input Data]

- V1 : Berth Length(m) - 선석길이
- V2 : Container Crane(대) - G/C장비
- 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 컨테이너처리량(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/C수	T/C수	S/C수	R/S수	부두총면적 (천m ²)	CY면적 (천m ²)	
	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	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 319천m², 평균 컨테이너야드 면적은 약 200m²인 것으로 나타났다.

<표 4-2> 분석자료 기술통계량(2005년 기준)

	총 처리량 (TEU)	선석길이 (m)	C/C수	T/C수+S/C수+R/S수	부두총면적 (천m ²)	CY면적 (천m ²)
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

3.3 DEA-CCR에 의한 효율성 분석

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

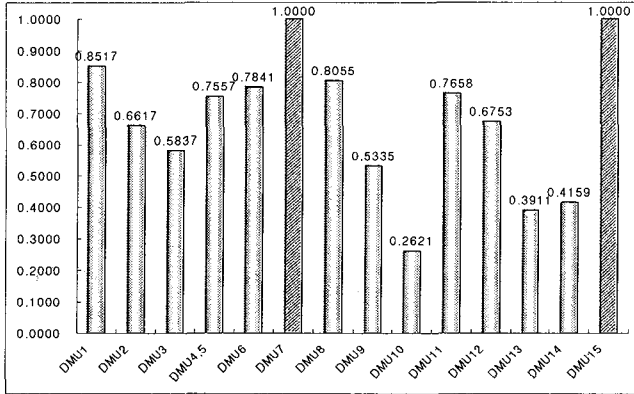
각 연도별 효율성 분석결과에서는 의사결정단위(DMU)로 표시되는 바, 식별을 용이하게 하기 위하여 다음과 같이 각 DMU와 관련된 터미널을 표현하고자 한다. 이는 DEA-BCC 분석결과에서도 동일하다.

<표 4-3> 분석대상 터미널

DMU1	자성대	DMU9	광양1단계(한진)
DMU2	신선대	DMU10	광양1단계(허치슨)
DMU3	우암부두	DMU11	광양1단계(대한통운)
DMU4	감만(세방)	DMU12	감만부두
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) ⁴⁾

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

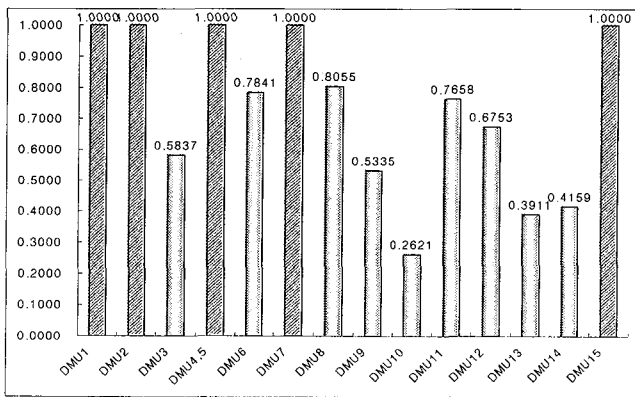
2005년도 14개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU7, DMU15가 효율적인 터미널로 나타났다. DMU4,5는 앞서 언급한 바와 같이, 2005년에는 감만부두 운영사 중 세방과 한진이 통합된 BICT터미널을 나타낸 것이다. 상대적으로, DMU10, DMU13, DMU14는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이는 2004년도와 동일한 상황을 보여주고 있는 것이다.



<그림 4-17> 2005년도 효율성 분석 결과(CCR)

3.4 DEA-BCC에 의한 효율성 분석

DEA-BCC 분석에서는 DEA-CCR 분석결과와 다소 상이한 결과를 보이고 있다. 2005년도 14개 컨테이너터미널의 효율성 분석 결과, DMU1, DMU2, DMU4,5, DMU7, DMU15가 효율적인 터미널로 나타났다. 상대적으로, DMU10, DMU13, DMU14는 매우 저조한 효율성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. DMU15는 2002년 개장 이후 효율성 지수가 지속적으로 상승하고 있으며, 2005년도에 들어서는 효율성 지수가 1로 나타났다.



<그림 4-17> 2005년도 효율성 분석 결과(BCC)

3.5 비효율적인 DMU에 대한 개선방안

2005년도를 기준으로, 비효율적으로 평가된 컨테이너터미널에 대하여 비효율성의 원인을 파악하고 효율성을 증대시키기 위한 개선점을 도출하려 한다. 일반적으로 DEA분석에서는 효

율성을 증대시키는 방법을 투입요소를 감소하거나, 산출요소를 증가시키는 방법으로 구분하여 결과를 제시하고 있으나, 투입요소의 감소는 현실적으로 많은 제약이 따르므로 현재의 투입요소 수준에서 효율적인 DMU가 되기 위한 산출요소 증대 방안을 제시하고자 한다.

2005년도 CCR분석 결과, 비효율적인 DMU로 평가된 것은 DMU7(감만 대한통운), DMU15(신감만)를 제외한 모든 DMU로 나타났다. 이들 비효율적인 DMU 중 DMU1(자성대)의 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 처리량의 17.4%보다 많은 약 250만TEU를 처리할 경우 효율성을 개선할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 4-5> 2005년 자성대 부두의 세부 효율성 분석(CCR)

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

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 DMU3에 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.

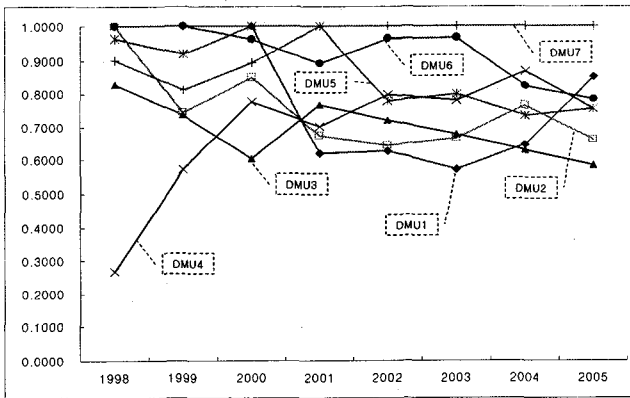
<표 4-9> 2005년 우암 부두의 세부 효율성 분석(BCC)

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

4. 효율성 변화 분석

4.1 DEA-CCR분석

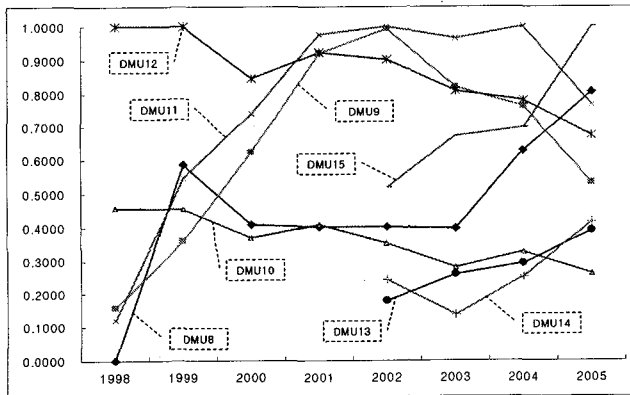
본 절에서는 각 컨테이너터미널의 시간에 따른 효율성 변화를 살펴보고자 한다. 아래의 그림에서 보는 바와 같이, 총 15개 컨테이너터미널의 변화를 살펴보면 있어서, 편의상 DMU1~7과 DMU8~15를 구분해서 그래프로 나타내고 있다.



<그림 5-1> 효율성 변화 추이(CCR, DMU1~7)

<그림 5-1>에서 보는 바와 같이, DMU4와 DMU7은 효율성이 증가하고 있는 반면, 그 외의 DMU들은 감소 추세를 보이고 있다. 다만, DMU1은 감소하다가 2005년 들어 효율성이 다소 상승한 것을 알 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이, 2005년에는 감만부두의 운영사 중세방(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.



<그림 5-2> 효율성 변화 추이(CCR, DMU8~15)

DMU8~15까지의 효율성 변화 추이를 살펴보면, 아래의 그림에서 보는 바와 같이, DMU8, DMU13, DMU14, DMU15는 증가추세를 보이고 있는 반면, DMU9, DMU10, DMU11, DMU12는 감소추세를 보이고 있다. 그 외 DMU9, DMU11은 효율성이 급격히 증가하다가 다소 감소하고 있는 것을 알 수 있다.

4.2 DEA-BCC분석

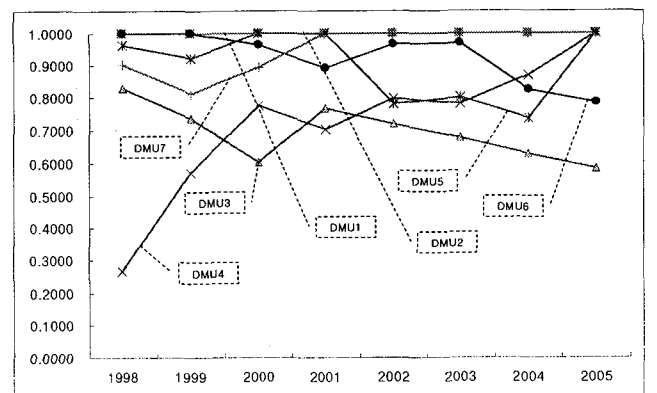
DEA-BCC모형은 DEA-CCR모형과 달리 각 평가대상의 규모의 수익에 대한 증가 상태 혹은 감소상태 혹은 불변상태 등의 정보를 추가적으로 제시하여 준다.

아래 표에서 보는 바와 같이, DMU1과 DMU2는 매년, DMU15는 2004년, DMU3과 DMU4는 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)

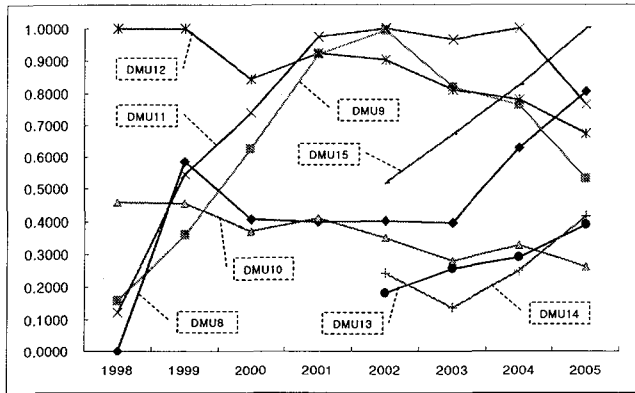
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
DMU1	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS
DMU2	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS	1.00 IRS
DMU3	0.82 CRS	0.73 CRS	0.60 CRS	0.76 CRS	0.72 CRS	0.67 CRS	0.62 CRS	0.58 CRS
DMU4	0.26 CRS	0.57 CRS	0.77 CRS	0.70 CRS	0.79 CRS	0.78 CRS	0.87 CRS	1.00 IRS
DMU5	0.96 CRS	0.92 CRS	1.00 CRS	1.00 CRS	0.78 CRS	0.80 CRS	0.73 CRS	1.00 IRS
DMU6	1.00 CRS	1.00 CRS	0.96 CRS	0.89 CRS	0.96 CRS	0.96 CRS	0.82 CRS	0.78 CRS
DMU7	0.90 CRS	0.81 CRS	0.89 CRS	1.00 CRS	1.00 CRS	1.00 CRS	1.00 CRS	1.00 CRS
DMU8	0.00 CRS	0.58 CRS	0.40 CRS	0.40 CRS	0.40 CRS	0.39 CRS	0.62 CRS	0.80 CRS
DMU9	0.15 CRS	0.36 CRS	0.62 CRS	0.92 CRS	0.99 CRS	0.82 CRS	0.76 CRS	0.53 CRS
DMU10	0.45 CRS	0.45 CRS	0.37 CRS	0.41 CRS	0.35 CRS	0.28 CRS	0.32 CRS	0.26 CRS
DMU11	0.12 CRS	0.54 CRS	0.74 CRS	0.97 CRS	1.00 CRS	0.96 CRS	1.00 CRS	0.76 CRS
DMU12	1.00 CRS	1.00 CRS	0.84 CRS	0.92 CRS	0.90 CRS	0.80 CRS	0.77 CRS	0.67 CRS
DMU13	-	-	-	-	0.18 CRS	0.25 CRS	0.21 CRS	0.39 CRS
DMU14	-	-	-	-	0.24 CRS	0.13 CRS	0.25 CRS	0.41 CRS
DMU15	-	-	-	-	0.52 CRS	0.67 CRS	0.82 IRS	1.00 CRS

BCC분석 결과는, CCR분석 결과와 다소 상이한 차이를 보이고 있다. 아래의 그림에서 보는 바와 같이, DMU1~7까지의 효율성 변화 추이를 살펴보면, DMU1과 DMU2는 1998년에서 2005년까지 꾸준히 높은 효율성(1)을 보이고 있으며, DMU4와 DMU7은 증가추세를 보이고 있다. 반면, DMU3과 DMU6은 감소추세를 보이고 있다. 특이할만한 점은, DMU4와 DMU5는 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, DMU13, DMU14, DMU15는 증가추세를 보이고 있는 반면, DMU10, DMU12는 감소추세를 보이고 있다. 그 외 DMU9, DMU11은 효율성이 급격히 증가하다가 다소 감소하고 있는 것을 알 수 있다.

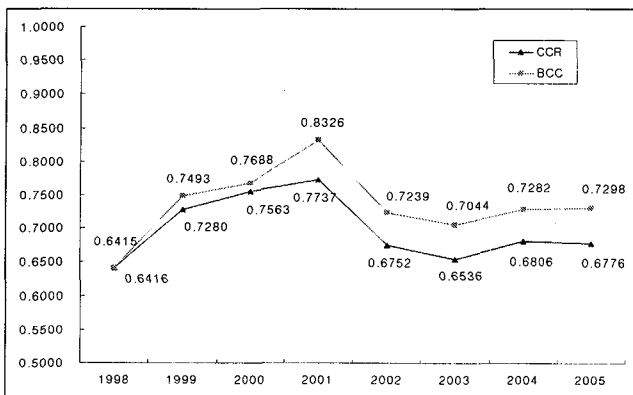


<그림 5-4> 효율성 변화 추이(BCC, DMU8~15)

4.3 DEA-CCR, 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

5. 결 론

본 연구에서는 우리나라 15개 컨테이너전용 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 2001년 이후 지속적으로 효율성 값이 1인 것으로 평가되었으며, 광양항에 위치한 터미널의 효율성 분석 결과는 DEA-CCR의 분석결과와 일치하고 있다.

2005년에는 감만 대한통운 터미널과 세방터미널이 통합운영(BICT)을 시작하였으며, 이 시기의 BICT의 효율성은 DEA-CCR 분석에서는 비효율적인 터미널로 구분되었으나, DEA-BCC 분석에서는 효율적인 터미널로 분석되었다. 그러므로 터미널의 통합운영이 효율성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 사례를 제시해 주고 있다.

이상 살펴본 바와 같이 우리나라 컨테이너전용 터미널의 효율성은 운영사별로 많은 차이를 나타내고 있으며, 부산항에 위치한 터미널에 비해 상대적으로 광양항에 위치한 터미널이 낮은 효율성을 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 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.

참 고 문 헌

- [1] 강상곤(2001), 『DEA모형을 이용한 컨테이너 항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구』, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문
- [2] 류동근(2005), “국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교 : DEA 접근”, 해운물류연구 제 47호, pp.21-38
- [3] 송재영(2000), 『DEA/AHP를 이용한 컨테이너 터미널 효율성에 관한 연구』, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문
- [4] 송재영(2005), “DEA모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가”, 한국항해항만학회지, 제29권, 제3호, pp.195-201
- [5] 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.
- [6] Barros, C. P.(2003), “incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities”, *Maritime Economics & Logistics*, 5, pp.429-444
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Dowd, T. J. and Leschine, T. M.(1990), “Container Terminal Productivity: A Perspective”, *Maritime Policy and Management*, Vol. 17, pp.107-112
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Park, R. K. & De P.(2004), “An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports”, *Maritime Economics & Logistics*, 5, pp.53-69
- [14] Tongzon, J.(2001), “Efficiency Measurement of Selected Australian and other International Ports using Data Envelopment Analysis”, *Transportation Research, Part A* 35, pp.107-122
- [15] 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