Journal of Korea Port Economic Association, Vol.25(3), 2009, pp.229~250

한국항만경제학회지 제25집 제3호 (2009. 9)

www.kportea.or.kr

동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교*
- DEA 기법을 중심으로 -

하명신**

A comparative analysis of terminal efficiency on Northeast Asia and America container ports

Myun-Shin Ha

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. DEA모형
Ⅲ. DEA를 이용한 항만효율성 분석
Ⅳ. 지역별 항만 효율성 분석
Ⅴ. 결론

Key Words: American ports, Northeast Asia ports, DEA model, efficiency analysis

Abstract

This paper aims to implement an empirical research about the efficiency of America and Northeast Asia pots, and to suggest an effective strategy which can operate these ports more well. This study tries to apply the Data Envelopment Analysis(DEA) model to America and Northeast Asia ports. DEA is a methodology of comparing the relative efficiency of each decision making unit(DMU) by comparing it with other DMUs having similar input and output structure, and is specially very useful when a form of production function of each DMU such as a port is not known. DEA provides the extent of inefficiency of DMUs, which is practically useful information (like the efficiency score and reference sets) required to improve efficiency.

This paper analyzed the relative efficiency of 35 ports in America and Northeast Asia for 3 years from 2005 to 2007 through DEA-CCR, DEA-BCC model and scale efficiency. Accordingly, this paper evaluates the efficiency of America and Northeast Asia ports, grasps the position at the present time, and suggests an advanced direction in future.

▷ 논문접수: 2009.07.24 ▷ 심사완료: 2009.08.20 ▷ 게재확정: 2009.09.01
* 본 논문은 2008학년도 부경대학교 연구년 교수 지원사업에 의하여 연구되었음(PS-2008-022)
** 부경대학교 국제통상학부 교수, msha@pknu.ac.kr, 051)629-5759

Ⅰ. 서 론

중국의 경제성장에 따른 동아시아권의 물동량 급증으로 세계적인 해운항만 환경이 변화하고 있다. 과거 중국의 피더항만에 컨테이너 모선이 직기항함으로써 다극중심항만 체제로 변화함에 따라 우리나라도 항만물류 기능의 선점과 쟁취에서 항만간 기능분담을 중시하고, 항만운영의 효율성을 제고시키는 방향으로 변모하고 있다. 따라서 과거 대규모 시설투자를 통한 항만 간 경쟁중심에서 항만 간 협력과 항만운영의 효율성이 중시되고 있다. 이에 따라 각국 항만들은 대대적인 항만시설투자를 통한 중심항 개발전략을 추구하는 동시에 항만운영의 효율성 증대를 통한 경쟁력 강화에 노력하고 있다. 이러한 항만의 경쟁우위를 좌우하는 가장 중요한 결정요인 중 하나가 바로 항만의 효율성이다. 항만 효율성은 비단 개별항만의 경쟁력에만 국한되는 문제가 아니며, 해상운송비용 절감을 통해 한 나라의 수출경쟁력을 제고하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 자국의 항만에 대한 내부적인 효율성 평가 방법과 더불어 경쟁 항만들 간의 상대적 효율성을 분석함으로써, 항만의 현재 효율성 수준을 정확히 파악하여 이를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하는 연구가 이루어져야 할 것이다. 따라서 자국의 항만에 대한 내부적인 효율성 평가 방법과 더불어 경쟁 항만들 간의 상대적 효율성을 분석함으로써, 항만의 현재 효율성 수준을 정확히 파악하여 이를 개선시킬 수 있는 방안을 제시하는 연구가 이루어져야 할 시점이다.

본 연구는 DEA(Data Envelopment Analysis)방법론을 통해 미국과 동북아시아 지역에 위치한 항만들을 대상으로 상대적 효율성을 분석하여 효율적인 항만과 비효율적인 항만으로 구분하고, 비효율적인 항만의 원인을 규명하여 효율성 증진에 이론적 기초를 제공하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. Ⅱ절에서는 본 연구에서 사용한 DEA모형을 소개하고, Ⅲ절에서는 동북아시아와 미국의 항만을 대상으로 DEA모형을 이용하여 효율성을 분석한다. Ⅳ절에서는 지역별로 나누어 동북아시아의 항만과 미국의 항만에 대한 효율성을 분석한다. 마지막으로 Ⅴ절에서는 본 연구의 결과를 요약하고 결론을 제시한다.

Ⅱ. DEA 모형

1. DEA모형의 개념

Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 제시한 DEA(Data Envelopment Analysis)모형은 다수의 산출요소와 투입 요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 비모수적 효율성 측정방법 중에서 DEA는 통계학적으로 회귀분석법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 추정하는 것이 아니고, 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율적 프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율성 프론티어상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정한다. 이 방법은 다양한 산출물과 여러 가지 투입요소를 동시에 고려하여 상대적 효율성 값을 도출하여 그 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라 비효율성이 어느 부문에서 발생하며 그 크기가 얼마 정도인지에 대한 수치적 정보를 제공해 줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다는 장점이 있다. 이러한 방법은 DMU[1]들로부터 산출과 투입을 상호 비교함으로써 생산성을 측정하고, 측정대상이 되는 DMU를 다른 DMU들과 비교하여 상대적 개념에서의 비효율성을 나타내준다. 앞에서 살펴본 것처럼 모수적 접근방법이 자료들을 평균에 회귀시키려는 목적을 가지고 있는데 반해 DEA는 자료들을 모두 포락(envelopment)하는 선형평면을 구하는 것이 목적이므로 자료들의 점을 찍었을 때 평균에 가까운 자료보다는 변경에 위치하는 자료들이 더 중요하다. 또 모수적 분석방법은 정태적 분석 및 산업 전체의 분석에 주로 이용하였는데 이와 다르게 DEA는 한 시기의 특정산업의 생산단위 개개에 대한 생산경계를 추정하는데 주로 이용한다. 여기서 평가대상이 되는 단위를 의사결정단위(DMU)라고 부르는데 각 DMU는 여러 가지 투입요소를 사용하여 다양한 산출물을 생산하는 책임중심점으로서 병원, 학교, 법원, 군부대, 은행을 비롯한 금융기관 등 여러가지가 있을 수 있다. DMU의 선정 시 지켜야 할 원칙으로는 각 DMU간에는 그 성격이 유사하여야 하고, 투입요소와 산출요소를 통제할 수 있는 경제주체이어야 하며, 평가대상이 되는 DMU의 수는 추정된 효율성 값이 신뢰도를 확보할 수 있도록 충분히 커야 한다.

DEA기법 특성은 첫째, 투입 및 산출요소들의 측정단위가 각각 다른 경우에도 적용가능하고 화폐단위로 표시 불가능하거나 매매의 대상이 될 수 없는 자원의 경우에도

1) DMU는 Decision Making Unit로서 의사결정단위를 의미한다.

적용이 가능하다. 둘째, DEA에서는 평가대상 조직과 투입과 산출관계가 유사한 다른 효율적인 조직들이 먼저 선정되고 이를 준거집단으로 하여 상대평가를 하므로 비효율적인 조직의 경우에는 실현가능한 목표치의 설정이 가능하게 된다. 또한, 비효율성의 원인이 순수 기술적인 것인지, 아니면 규모에 의한 것인지를 밝힐 수 있으며 각 DMU의 규모 수익에 대한 특성을 알 수 있다. 셋째, DEA에서는 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, 연구결과의 상호 비교가 가능하다. DEA와 전통적인 기법, 그리고 프론티어 생산함수분석과 같은 방법을 상호 비교해 봄으로써 각 방법의 장점과 단점 등을 확인할 수 있으며, 성과 평가를 위한 추가적인 연구가 가능하다. 또한 통제 불가능한 요소가 존재하는 경우의 평가모형의 변형이나 생산함수가 특이한 경우의 분석 등에 대한 추가적인 시사점을 얻을 수 있다.

2. DEA모형의 기존연구

컨테이너항만의 생산성(또는 생산효율성)방법을 포함시킨 국내에서의 기존연구는 대표적으로 전일수・김학소・김범중(1993.12), 하동우(1996. 12), 전국경제인연합회(1997. 12), 오성동・박노경(2001), Chul-Hwan, Han(2002), 박노경(2002)의 연구가 있다. 컨테이너항만의 생산효율성과 관련된 외국에서의 연구는 G. De Monie(1987), T. J. Dowd and T. M. Leschine(1990), D. K. Fleming(1997), K. Cullinane, D. W. Song, and R. Gray(2002) 등이 있다. 국내외 연구에 대한 내용은 <표 1>에 제시되어 있다.

<표 1> 항만 및 컨테이너항만의 효율성에 관한 국내외 연구

구분 \ 연구학자	F. Suykens(1987)	G. D. Monie(1987)	W. K. Talley(1988)
분석대상국가	유럽	파키스탄	-
분석대상	엔트워프, 함부르크, 브레멘, 노테르담	카라치 항만	-
표본수	4	1	-
분석모형	부두노동자 1인당 화물처리량, 정박시간당 선적화물의 톤수, 노동자 1인당의 시간당 화물 하역량, 부두정박시간당 화물하역량, 컨테이너 화물처리의 측정모형	항구에서 선박의 정박과 관련된 변수, 화물처리에 대한 변수, 항구통과시 내륙운송수단에 대한 서비스품질변수	공학적측정모형(ship/apron 이전능력,yard보관능력, storage/내륙운송이전능력, 내륙수송단위처리능력) 경제적측정모형 (단위당 비용절감능력)

구분 \ 연구학자	T. J. Dowd and T. M. Leschine(1990)	E. G. Frankel(1991)	Y. Roll and Y. Hyuth(1993)
분석대상국가	미국	-	이스라엘
분석대상	-	-	가상적인 20개 항구
표본수	-	-	20
분석모형	생산성측정과 생산성에 영향을 미치는 요소:터미널운영요소, 생산성에 영향을 미치는 체계적인 요인, 운영에 영향을 미치는 기타 제약요인, 생산측정모형, 측정된 생산성요인	사용자 중심의 성과측정모형(선박관련비용, 화물처리비용, 선박보관비용, 피더비용) 항구사용자의 비용중심모형(고정비용, 화물량과 처리능력의 기회비용, 화물량과 톤당비용과 처리비용, 화물보관과 이전비용, 화물이전 및 검사비용)	DEA모형:CCR모형 산출요소:화물처리능력, 서비스수준, 사용자만족, 선박이용회수 투입요소:연간노동력의 연평균수치, 항구당 연간 총투자자본과 기계설비, 화물의 통일성

구분 \ 연구학자	A. Sachish(1996)	D. K. Fleming(1997)	J. Tongzon(2001)
분석대상국가	이스라엘	전세계	전세계
분석대상	Ashdod and Haifa	전세계 컨테이너항만	전세계 컨테이너항만
표본수	2	25	16
분석모형	공학적 접근모형 투입요소:노동, 건물, 기기, 기타 산출요소:년간화물처리건수	TEU Throughput Data	DEA모형:CCR과 가법모형 산출요소:Cargo Thoughput, Ship Working rate 투입요소:크레인수; Berth수; Tug수; 터미널수; Delaytime, Labor

구분 \ 연구학자	V. F. Valentine and R. Gray(2002)	K. Cullinane, D. W. Song and R. Gray(2002)	Chul-Hwan Han(2002)
분석대상국가	유럽과 동북아시아	아시아	아시아
분석대상	유럽과 동북아시아 12개 컨테이너항만	아시아 15개 컨테이너항만	아시아 항만 25개
표본수	12	15	28
분석모형	A. 군집분석 1. 조작구조 2. 소유권 B. DEA분석 1. 투입물:컨테이너수; 선석의 총길이, 컨테이너선석의 총길이 2. 산출물:총화물처리총톤수	확률프론티어모형 1. 투입물:터미널 안벽길이, 터미널 면적, 화물처리기기수 2. 산출물: 컨테이너처리량(TEU)	콥다글라스 로그-선형모형 생산함수 1. 종속변수:터미널의 컨테이너 처리량; 선석이용율을 나타낸 터미널 효율성 2. 독립변수:항만의 지리적 입지, 선사의 직기항 서비스횟수; 각국의 경제활동수준; 총크레인생산성, 선석면적, 야드처리량

구분 \ 연구학자	전일수 · 김학소 · 김범중(1993)	하동우(1996)	전국경제인 연합회(1997)
분석대상국가	전세계각국	동북아	전세계각국
분석대상	1991년도 처리물동량기준 세계20위 컨테이너항만	동북아 컨테이너 7개항만	-
표본수	20	7	9-13
분석모형	1. 전통적분석방법(토지이용율, 안벽당 년간 취급량, 크레인 1기당 취급량, 터미널면적당 년간 취급량, TGS회전율과 슬로트회전율) 2. 복합효용함수이용(항만입지, 항만시설, 항만이용물동량구성, 서비스수준, 부두운영형태)	TEU/선석, TEU/m, TEU/GC	취항실적, 물류비용, 서비스수준, 입지

구분 \ 연구학자	박노경(2002)	강상곤(2001)	오성동 · 박노경(2001)
분석대상국가	전세계 20개 국가	세계 50대 항만	전세계, 동북아
분석대상	전세계 20개의 컨테이너항만	세계 50대 컨테이너항만, 터미널	컨테이너항만 28개
표본수	20	항만('97-35, '98-33) 터미널(68)	28
분석모형	1. 투입변수:안벽길이, G/C수, CY면적, CFS면적 2. 산출요소:총물동량, 항만사용량	1.투입요소:선석총길이, 터미널총면적, 각종하역장비 2. 산출요소:양하시 적·공컨테이너처리량, 적하시 적·공컨테이너처리량	DEA기법 중에서 CCR, BCC기법을 이용하여 생산효율성을 분석함으로써 컨테이너항만의 경쟁력분석방법을 확장 1. 투입변수:안벽길이, G/C수, CY면적, CFS면적 2. 산출요소:총물동량, 항만사용량

구분 \ 연구학자	송재영(2004)	차용우(2005)	이형석(2006)
분석대상국가	세계 53대 국가	국내	국내
분석대상	세계 53개 컨테이너항만	국내 26개 무역항만	국내 해운업체
표본수	53('96 ~ '03)	26	50
분석모형	1. 투입요소:선석길이, 총면적, G/C장비, 야드장비, 컨테이너야적장면적, 평균작업시간 2. 산출요소:총컨테이너처리물량(TEU)	CCR-BCC모형 규모효율성모형 Malmquist 모형 1. 투입요소:접안능력, 하역능력 2. 산출요소:수출물량, 수입물량, 입출항척수	CCR-O모형, BCC-O모형, 산출중심 규모효율성, 범주형 DMU분석 1. 투입변수:종업원수, 고정자산, 총자본 2. 산출변수:매출액, 영업이익, 당기순이익

3. DEA모형의 전개

일반적으로 효율성이라 함은 다음과 같이 하나의 투입요소와 산출요소를 이용하여 표현할 수 있으나, 각기 다른 다수의 투입요소와 산출요소에 대한 효율성을 설명하기엔 부적합하다. 따라서 상대적인 효율성은 $\frac{\text{산출요소의 가중치 합}}{\text{투입요소의 가중치 합}}$으로 표현할 수 있다. 즉, 각 평가대상의 효율성은 다음과 같이 구할 수 있다.

평가대상 j의 효율성 = $\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \ldots + u_t y_{tj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \ldots + u_m x_{mj}}$ (1)

u_r = 산출요소 r에 주어진 가중치(r= 1, 2, ... ,t)

y_{rj} = 평가대상 j의 산출요소 r의 양(j=1, 2, ... , n)

v_i = 투입요소 i에 주어진 가중치(i=1, 2, ... , m)

x_{ij} = 평가대상 j의 투입요소 i의 양(i= 1, 2, ... , m ; j= 1, 2, ... , n)

이러한 정의의 초기 가정은 모든 평가대상에 적용되는 가중치가 요구된다는 것이고 이는 평가대상 모두에게 적용 가능한 공통의 가중치를 구해야 한다는 문제를 야기한다. 그러나 각각의 요소에 대한 가중치는 조직마다 그 특성에 따라 달리하고 있으므로 하나의 공통된 가중치로는 모든 평가대상의 효율성 측정에 대하여 만족시킬 수 없다는 문제점이 있다.

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 이러한 문제점을 인식하고 각각의 DMU가 각기 다른 가중치를 가질 수 있는 선형계획식에 기반을 둔 식(2)과 같은 CCR[2]모형을 개발하였다. 식(2)을 선형계획모형(Liner Programming)의 형태로 변환하면 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Max\ h_o = \frac{\sum_{r=1}^{t} u_r y_{rj_o}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij_o}} \quad (2)$$

subject to

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

2) CCR 모형은 DEA 모형의 가장 기본적인 모형이고, 표현되는 형태에 따라 비율 모형(ratio model), 승수모형(multilpier model), 포락모형(envelopment model) 등으로 구별된다.

$v_1,\ v_2,\ \cdots,\ v_m \geq 0$

$u_1,\ u_2,\ \cdots,\ u_t \geq 0$

$$Max\ h_o = \sum_{r=1}^{t} u_r y_{rj_o} \tag{3}$$

subject to

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

$u_r \geq 0, \qquad r = 1, ..., t$

$v_i \geq 0, \qquad i = 1, ..., m$

이러한 모형의 기본이 된 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 BCC모형의 효율성을 평가함에 있어, 규모의 수익 효과를 파악하고 이를 전반적 효율성에서 분리시켜 규모의 효율성을 제외한 순수한 기술적 효율성에 의해 효율적인 DMU들을 구분할 수 있도록 해준다. 식(4)의 BCC[3]모형이 CCR모형 식(3)과 차별화 되어지는 이유는 규모의 수익효과를 측정하는 변수 u_o의 존재 때문이다. BCC모형에서는 식(4)에서와 같이 u_o 변수의 값을 이용하여 규모의 수익효과를 측정한다. 즉, u_o의 최적해를 u_o^*로 정의할 때 $u_o^* < 0$ 이면 규모의 수익체증, $u_o^* = 0$ 이면 규모의 수익불변, $u_o^* > 0$ 이면 규모의 수익체감 효과를 나타낸다.

$$Max\ h_o = \sum_{r=1}^{t} u_r y_{rj_o} - u_o \tag{4}$$

subject to

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

$u_r \geq 0, \qquad r = 1, ..., t,$

$v_i \geq 0, \qquad i = 1, ..., m.$

u_0 $unrestricted (free)$ $variable$

일반적으로 규모의 효과에 의해 CCR효율성은 BCC효율성 값보다 작거나 같다. 따라

3) BCC 효율성 지수는 규모수익가변 가정 하에서 부분적인 순수기술효율성(Pure Technical Efficiency: PTE)을 나타낸다.

서 CCR 효율적 프론티어에 투영시켰을 때와 BCC 효율적 프론티어에 투영시켰을 때의 차이는 규모의 효과에 의해 발생하는 것으로 볼 수 있다. Cooper 등(2000)에 의하면 규모효율성은 $\frac{CCR\text{효율성}}{BCC\text{효율성}}$으로 나타낼 수 있다. CCR 효율성은 BCC 효율성보다 작거나 같기 때문에 규모 효율성은 1보다 작거나 같다. CCR 효율성은 규모의 효과를 고려하지 않기 때문에 기술 효율성(technical efficiency)이라 하는 반면에 BCC 효율성은 규모에 대한 수익가변을 가정하기 때문에 순수 기술 효율성(pure technical efficiency)이라 한다. 따라서 규모의 효율성은 비효율성의 원인이 비효율적인 운영에 의한 것인지 규모로 인한 불리한 상황에 의한 것인지 혹은 둘 다에 의한 것인지를 보여준다.

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

Ⅲ. DEA모형을 이용한 항만 효율성 분석

1. 기초자료

항만의 효율성을 측정할 때 투입요소와 산출요소를 결정하는데 상당한 어려움을 갖게 된다. Dowd & Leschine(1990)는 투입요소를 포괄적으로 노동, 장비, 토지로 범주화하고 컨테이너 터미널의 생산성은 이들 투입요소의 효율적인 이용에 달려 있으므로 이 세가지 요소의 효율적 이용을 계량화함으로써 측정할 수 있다고 하였다. 이런 투입요소와 산출요소의 결정에 대한 모호성은 연구자에 따라 다양하게 투입요소와 산출요소를 결정하였다.

기존연구에서 산출요소로 컨테이너 처리량(TEU)을 거의 모든 연구에서 선정하였으나, 투입요소에 대해서는 상당히 다양하게 사용되고 있다. 투입요소를 정할 때 다수의 항만을 대상으로 공통적으로 자료를 수집할 수 있는 변수들이어야 한다는 제약이 있다. 그래서 본 연구에서는 기존연구에서 많이 사용되고 있고 항만에서 가장 중요한 선석수, 수심, 부두면적, C/C수를 투입요소로 정하고, 총 처리물동량과 처리물동량 기준 성장률을 산출요소로 하여 35개 항만 자료를 수집하였다. C/C장비는 각 항만에서 상이한 종류의 Crane을 사용하고 있으므로, Container Cranes, Quay Cranes, Mobile Cranes, Floating Cranes를 통합하여 사용하였다.

평가대상 선정에 있어 처리물동량을 기준으로 세계 100위(2007년 기준)안의 미국과 동북아시아 항만을 평가대상으로 선정하였다. Banker 등(1996)에 따르면 DEA분석 시 적절한 DMU의 수는 $n \geq \max\{m \times s,\ 3(m+s)\}$ 이다(m=투입물의 수, s=산출물의 수, n=분석할 DMU의 수). 따라서 분석에 사용될 DMU수와 변수의 수는 적절하다. 분석에 사용된 자료는 Containerization International Yearbook (2005~2007)을 이용하여 수집하였다.

<표 2> 본 연구의 분석에 사용된 항만

DMU	항만	총처리물동량(TEU)	국가
DMU1	Hong Kong	23,538,580	China
DMU2	Shanghai	21,710,000	China
DMU3	Shenzhen	18,468,900	China
DMU4	Busan	12,030,000	Korea
DMU5	Kaohsiung	9,774,670	Taiwan
DMU6	Los Angeles	8,469,853	USA
DMU7	Qingdao	7,702,000	China
DMU8	Long Beach	7,290,365	USA
DMU9	Ningbo	7,068,000	China
DMU10	Guangzhou	6,600,000	China
DMU11	Tianjin	6,326,294	China
DMU12	New York/New Jersey	5,092,806	USA
DMU13	Xiamen	4,018,700	China
DMU14	Tokyo	3,969,015	Japan
DMU15	Dalian	3,212,000	China
DMU16	Yokohama	3,199,883	Japan
DMU17	Nagoya	2,757,677	Japan
DMU18	Kobe	2,412,767	Japan
DMU19	Oakland	2,391,598	USA
DMU20	Osaka	2,231,630	Japan
DMU21	Savannah	2,160,168	USA
DMU22	Keelung	2,128,815	Taiwan
DMU23	Tacoma	2,067,168	USA
DMU24	Norfolk	2,046,285	USA
DMU25	Seattle	1,987,360	USA
DMU26	Charleston	1,970,000	USA
DMU27	Gwangyang	1,755,000	Korea
DMU28	Houston	1,606,360	USA
DMU29	Incheon	1,377,050	Korea
DMU30	Lianyungang	1,300,000	China
DMU31	Taichung	1,198,530	Taiwan
DMU32	Yantai	1,050,000	China
DMU33	Fuzhou	1,011,700	China
DMU34	Miami	976,514	USA
DMU35	Port Everglades	864,030	USA

2. 분석결과

DEA-SOLVER를 이용하여 앞에서 선정된 각 투입·산출변수에 대한 항만별 data를 토대로 현재의 투입량을 유지하면서 산출요소 수준을 극대화하는 것에 초점을 둔 산출지향형 DEA-CCR, DEA-BCC모형을 통해 분석하였다.

DEA모형을 이용한 항만 효율성 분석 결과는 <표 3>과 같다. 규모에 대한 수익불변을 가정한 CCR모형의 연도별 효율성 평균은 2005년 0.4847, 2006년 0.5073, 2007년 0.4363으로 나타나고 있다. 규모에 대한 수익가변을 가정한 BCC모형의 연도별 효율성 평균도 2005년 0.5140, 2006년 0.5332, 2007년 0.4698로 나타나고 있어, CCR모형과 BCC모형의 연도별 효율성은 3개년 중에 2006년도에 높게 나타났다.

분석결과 2005년에 효율적으로 측정된 항만은 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Guangzhou항, Xiamen항, Houston항, Lianyungang항인 7개 항만이며, 2006년은 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Ningbo항, Xiamen항, Houston항, Lianyungang항, Yantai항인 8개 항만, 2007년은 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Ningbo항, Xiamen항, Lianyungang항인 6개 항만으로 나타나고 있다.

일본의 항만들은 모두 낮은 효율성을 보이고 있으며, 미국의 항만도 Huston항을 제외하고는 모두 낮은 효율성을 보이고 있다.

한국의 Busan항은 CCR(BCC)효율성이 2005년에는 0.6158(0.6268), 2006년은 0.5667(0.6009), 2007년은 0.5539(0.5916)로 비효율적인 항만인 것으로 나타났으며, 효율성이 3년 동안 감소하고 있는 것으로 나타나고 있다.

규모의 효율성은 2005년에 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Guangzhou항, Xiamen항, Houston항, Lianyungang항인 7개 항만이며, 2006년은 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Ningbo항, Xiamen항, Houston항, Lianyungang항, Yantai항인 8개 항만, 2007년은 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Ningbo항, Xiamen항, Keelung항, Lianyungang항인 7개 항만으로 나타나고 있다.

규모의 효율성이 1이 못 된다는 것은 전체적인 비효율성의 규모가 적정수준이 아니어서 발생하는 부분이 있다는 것을 의미한다. 순수 기술적 비효율성이 전체 비효율성의 원인인 항만의 경우는 적정한 투입요소의 결합을 통해서 효율적인 항만이 될 수 있고, 규모의 비효율성이 전체 비효율성의 원인인 경우는 적정한 규모의 변화를 통해 효율적인 항만이 될 수 있다.

한국, 일본, 미국 등의 항만은 순수 기술 효율성 보다 규모의 효율성이 모두 높게 나타나고 있어, 비효율성의 원인이 규모가 부적절해서라기보다는 적정수준의 산출이나 투입이 이루어지지 않기 때문에 발생하는 부분이 많다는 것을 알 수 있다.

이상과 같이 효율적인 항만으로 나타난 항만들은 Houston항을 제외하고는 모두 중국

항만으로 이는 중국 항만의 지속적인 시설확충과 준설작업과 더불어 대형 항만들의 지속적인 물동량 증가로 급속한 성장을 거듭하였기 때문인 것으로 보이며, 이러한 중국의 급성장이 한국, 일본, 미국 등지에 다각적인 영향을 미치고 있는 것으로 보인다. 향후에도 중국은 대규모 항만개발과 운영으로 중국내부의 환적체계 및 물류체계의 변화를 주도할 것으로 전망되며, 이러한 물류기능의 강화는 항만간 기능과 역할변화, 장강물류의 중요성 증대, 연안운송산업의 성장 등을 가져올 것으로 예상된다.

<표 3-1> DEA모형을 이용한 항만 효율성 분석 결과

항만명	2005년			2006년			2007년		
	CCR결과	BCC결과	규모효율성	CCR결과	BCC결과	규모효율성	CCR결과	BCC결과	규모효율성
Shanghai	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Hong Kong	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Shenzhen	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Busan	0.6158	0.6268	0.9823	0.5667	0.6009	0.9431	0.5539	0.5916	0.9362
Kaohsiung	0.8421	0.8635	0.9753	0.7653	0.7735	0.9893	0.7176	0.7620	0.9418
Qingdao	0.5549	0.5898	0.9408	0.6960	0.7054	0.9867	0.6982	0.7304	0.9560
Ningbo	0.9159	0.9437	0.9705	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Guangzhou	1.0000	1.0000	1.0000	0.6970	0.7152	0.9745	0.8185	0.9320	0.8782
Los Angeles	0.4123	0.4184	0.9854	0.4699	0.5234	0.8978	0.3947	0.4854	0.8132
Long Beach	0.4183	0.4529	0.9236	0.3582	0.3824	0.9368	0.3040	0.3195	0.9514
Tianjin	0.6454	0.6502	0.9925	0.8259	0.8308	0.9941	0.4649	0.4715	0.9858
New York /New Jersey	0.2532	0.2707	0.9351	0.2496	0.2569	0.9715	0.2716	0.2934	0.9259
Xiamen	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Dalian	0.3002	0.3167	0.9479	0.3608	0.3664	0.9847	0.6471	0.8578	0.7544
Tokyo	0.3803	0.3879	0.9803	0.3978	0.3981	0.9992	0.1976	0.2217	0.8911
Yokohama	0.1930	0.1966	0.9818	0.2693	0.2826	0.9530	0.2129	0.2213	0.9622

<표 3-2> DEA모형을 이용한 항만 효율성 분석 결과(계속)

항만명	2005년			2006년			2007년		
	CCR결과	BCC결과	규모효율성	CCR결과	BCC결과	규모효율성	CCR결과	BCC결과	규모효율성
Nagoya	0.2643	0.2656	0.9950	0.2651	0.3029	0.8751	0.1966	0.2172	0.9053
Kobe	0.1521	0.1725	0.8816	0.1927	0.2131	0.9045	0.1400	0.1648	0.8496
Oakland	0.1886	0.2059	0.9162	0.1626	0.1703	0.9546	0.1195	0.1394	0.8574
Osaka	0.1759	0.2103	0.8366	0.1960	0.2306	0.8498	0.1527	0.1806	0.8457
Savannah	0.3055	0.3070	0.9950	0.2954	0.3129	0.9440	0.3803	0.4397	0.8649
Keelung	0.4321	0.4665	0.9261	0.6205	0.6802	0.9121	0.5286	0.5286	1.0000
Tacoma	0.1999	0.2384	0.8386	0.1548	0.1553	0.9967	0.1228	0.1231	0.9973
Norfolk	0.2361	0.2844	0.8302	0.2039	0.2566	0.7945	0.1927	0.2289	0.8419
Seattle	0.2179	0.2619	0.8322	0.1470	0.1493	0.9841	0.1229	0.1252	0.9813
Charleston	0.1589	0.1643	0.9671	0.1225	0.1457	0.8411	0.0953	0.1157	0.8236
Gwangyang	0.1898	0.1963	0.9669	0.2914	0.3092	0.9424	0.1582	0.1787	0.8854
Houston	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.2191	0.2343	0.9354
Incheon	0.3033	0.3094	0.9805	0.3972	0.4222	0.9408	0.3620	0.4148	0.8728
Lianyungang	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Taichung	0.1853	0.1997	0.9283	0.1582	0.1703	0.9292	0.1556	0.1698	0.9165
Yantai	0.6710	0.8946	0.7500	1.0000	1.0000	1.0000	0.2719	0.3656	0.7436
Fuzhou	0.2658	0.6021	0.4415	0.4812	0.8666	0.5553	0.3566	0.3602	0.9902
Miami	0.1596	0.1598	0.9983	0.1232	0.1263	0.9756	0.0929	0.0961	0.9672
Port Everglades	0.3263	0.3346	0.9752	0.2867	0.3135	0.9144	0.3208	0.4736	0.6774
평균	0.4847	0.5140	0.9336	0.5073	0.5332	0.9413	0.4363	0.4698	0.9129

Ⅲ. 지역별 항만 효율성 분석

1. 동북아시아 항만 효율성 분석

35개 항만 중 동북아시아 지역에 속하는 23개 항만의 효율성을 측정한 결과는 다음과 같다.

<표 4> DEA 모형을 이용한 동북아시아 항만 효율성 분석 결과

항만	2007년도		
	CCR결과	BCC결과	규모의 효율성
Hong Kong	1.0000	1.0000	1.0000
Shanghai	1.0000	1.0000	1.0000
Shenzhen	1.0000	1.0000	1.0000
Busan	0.5539	0.5916	0.9362
Kaohsiung	0.7176	0.7620	0.9418
Qingdao	0.6982	0.7304	0.9560
Ningbo	1.0000	1.0000	1.0000
Guangzhou	0.8185	0.9320	0.8782
Tianjin	0.4649	0.4715	0.9858
Xiamen	1.0000	1.0000	1.0000
Tokyo	0.6471	0.8578	0.7544
Dalian	0.1976	0.2217	0.8911
Yokohama	0.2129	0.2213	0.9622
Nagoya	0.1966	0.2172	0.9053
Kobe	0.1400	0.1648	0.8496
Osaka	0.1527	0.1806	0.8457
Keelung	0.5286	0.5286	1.0000
Gwangyang	0.1582	0.1787	0.8854
Incheon	0.3620	0.4148	0.8728
Lianyungang	1.0000	1.0000	1.0000
Taichung	0.1556	0.1698	0.9165
Yantai	0.2719	0.3656	0.7436
Fuzhou	0.3566	0.3602	0.9902

분석결과 효율성이 1로 나타난 가장 효율적인 항만은 중국의 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Ningbo항, Xiamen항, Lianyungang항이고, 규모의 효율성에서도 중국의 Shanghai항, Hong Kong항, Shenzheng항, Ningbo항, Xiamen항, Keelung항, Lianyungang항이 가장 효율적인 것으로 나타나고 있다.

한국의 Busan항은 순수 기술 효율성이 0.5916, 규모의 효율성이 0.9362로 순수 기술 효율성보다 규모의 효율성이 높게 나타났다. 이는 전체 운영상의 비효율성이 발생하는 원인이 규모가 부적절해서라기보다는 산출이나 투입이 적정수준에서 이루어지지 않기 때문이라고 볼 수 있다. DEA모형은 비효율적으로 분석된 의사결정단위들이 효율적인 단위가 되기 위하여 벤치마킹해야 할 조직인 준거집단을 제시하고, 효율적인 단위가 되기 위하여 감소시켜야 할 투입요소의 양이나, 증가시켜야 하는 산출물의 양에 대한 정보를 제공함으로써 비효율적인 단위가 효율적인 단위가 되기 위한 구체적인 방안을 제시해 준다.

<표 5>를 보면 CCR모형하에서 벤치마킹해야 할 항만들은 Shanghai항, Shenzhen항, Lianyungang항으로 투입과 산출 배합구조면에서 Busan항과 가장 유사하다. 따라서 이 3개의 항만의 투입과 산출요소의 값을 선형결합하면 Busan항의 효율성 개선을 위한 투사값이 도출된다. 그리고 Busan항이 효율적인 항만이 되기 위해서는 산출요소를 기준으로 보면 총처리물동량과 처리물동량 기준 성장률을 각각 80.55%를 늘려야 하고, 투입요소를 기준으로 보면 선석수와 C/C수를 각각 20.2%, 20.6%를 감소시켜야 하는 것으로 분석된다.

<표 6>을 보면 BCC모형하에서는 Busan항이 산출요소를 기준으로 보면 총처리물동량과 처리물동량 기준 성장률을 각각 69.03%를 늘려야 하고, 투입요소를 기준으로 보면 선석수와 수심, C/C수를 각각 23.2%, 8.12%, 21.59%를 감소시켜야 하는 것으로 분석된다.

Busan항의 경우 동북아 지역의 중심항만으로서 급속한 성장을 해왔으며, 중국화물의 급속한 증가에 따른 북중국 환적화물과 대일본 환적화물 처리에 대응하기 위해 부산신항을 추가적으로 개발하여 왔다. 하지만 최근 중국 항만이 급성장함에 따라 대중국 환적화물유치가 어렵게 되었고, 항만간의 경쟁은 더욱 치열하게 되었다. 따라서 Busan항은 무분별한 시설확충보다는 한국-중국 간의 물류네트워크를 구축하여, 네트워크 강화를 통한 물동량 확충이 필요할 것으로 보인다.

<표 5> Busan항의 CCR모형하에서의 효율성 개선을 위한 투사와 준거집단

Input/Output	Data	Projection	Difference	%
Berths	27	21.546881	-5.45311896	-20.20%
Depth	14.78	14.78	0	0.00%
Total Area	4198254	4198254	0	0.00%
C/C	76	60.3015786	-15.6984214	-20.66%
Total TEU	13270000	23959074.2	10689074.2	80.55%
variation	10.31	18.6147743	8.30477433	80.55%
Reference set	Shanghai, Shenzhen, Lianyungang			

<표 6> Busan항의 BCC모형하에서의 효율성 개선을 위한 투사와 준거집단

Input/Output	Data	Projection	Difference	%
Berths	27	20.7368191	-6.26318091	-23.20%
Depth	14.78	13.5792349	-1.20076508	-8.12%
Total Area	4198254	4198254	0	0.00%
C/C	76	59.5948065	-16.4051935	-21.59%
Total TEU	13270000	22430574.3	9160574.27	69.03%
variation	10.31	17.4272209	7.11722085	69.03%
Reference set	Shanghai, Shenzhen, Lianyungang			

2. 미국 항만 효율성 분석

12개 미국항만을 대상으로 분석한 결과는 <표 7>과 같다. CCR, BCC효율성과 규모의 효율성이 모두 1인 가장 효율적인 항만은 Los Angeles항, Long Beach항, New York/New Jersey항, Savannah항, Houston항, Port Everglades항인 6개 항만으로 나타나고 있다. Oakland항, Charleston항은 순수 기술 효율성보다 규모의 효율성이 높게 나타나고 있어, 비효율성이 나타나는 원인이 투입과 산출이 적정수준을 이루지 못하고 있어 발생하고 있는 것이다. 반면 Norfolk항, Seattle항, Miami항은 순수기술효율성이 1인데 반해 규모의 효율성이 1이 못되는 것으로 나타나고 있어 이들 항만의 비효율성은 전적으로 규모가 적정수준이 아니어서 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 이들 항만은 적정한 규모의 변화를 통해 효율적인 항만이 될 수 있을 것으로 판단된다.

<표 7> DEA 모형을 이용한 미국 항만 효율성 분석 결과

항만	2007년도		
	CCR결과	BCC결과	규모의 효율성
Los Angeles	1.0000	1.0000	1.0000
Long Beach	1.0000	1.0000	1.0000
New York/New Jersey	1.0000	1.0000	1.0000
Oakland	0.5180	0.5312	0.9752
Savannah	1.0000	1.0000	1.0000
Tacoma	0.6451	0.9152	0.7049
Norfolk	0.8083	1.0000	0.8083
Seattle	0.7271	1.0000	0.7271
Charleston	0.6386	0.7255	0.8803
Houston	1.0000	1.0000	1.0000
Miami	0.6086	1.0000	0.6086
Port Everglades	1.0000	1.0000	1.0000

Ⅳ. 결 론

본 연구는 동북아시아와 미국 항만을 대상으로 DEA모형을 이용하여 효율성 분석을 실시하였다. 그러나 예상과는 달리 미국 대부분의 항만들은 비효율적인 것으로 나타났으며, 반면 동북아시아의 항만들은 2007년 기준 7개의 항만들이 효율적인 것으로 식별되었다. 동북아시아와 미국의 35개 항만을 대상으로 효율성 분석을 실시한 결과, 효율적인 항만으로 나타난 항만들은 미국의 Houston을 제외하고는 모두 중국의 항만으로, 이는 중국 항만의 지속적인 시설확충, 준설작업과 더불어 물동량 증가로 급속한 성장을 거듭하였기 때문인 것으로 보인다. 반면 일본의 항만들은 모두 낮은 효율성을 보이고 있으며, 한국의 Busan항은 순수 기술효율성보다 규모의 효율성이 높게 나타나 비효율성이 발생하는 원인이 규모가 부적절해서라기보다는 산출이나 투입이 적정수준에서 이루어지지 않았기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 무분별한 항만개발이나 시설확충 보다는 급속도로 성장한 중국과의 물류네트워크를 구축하고 네트워크 강화를 통한 물동량 확충을 모색해야 할 시점인데, 무엇보다도 환적화물 유치에 보다 적극적이고 다양한 노력을

전개해야 할 것으로 보인다. 이와 같이 상대적 비교에서는 미국의 항만들이 절대적으로 비효율적 이었기에, 본 연구에서는 동북아시아와 미국 항만을 지역별로 구분하여 다시 효율성 분석을 시도하였다. 그 결과 동북아시아에서는 중국 5개항, 대만의 기륭항이 효율적으로 나타났으며, 미국에서는 LA, LB, NY/NJ, Savannah, Houston항이 효율적으로 분석되었다. 본 연구에서는 항만의 효율성을 결정하는 투입・산출요소를 선정하는데 있어, 유일한 자료집인 Containerization International Yearbook만을 전적으로 의지함으로 인해 정량적인 변수만을 선정하였다. 향후 설문조사를 통해 얻을 수 있는 항만의 서비스 만족도와 같은 다양한 정성적인 변수도 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

강은경, “확률적 프론티어 접근방법에 의한 신용조합의 효율성 분석”, 한국재무관리학회, 제22권 제2호, 2005, pp. 71-89.

박노경, “국내항만의 서비스만족도와 생산효율성과의 관계분석”, 한국해운물류학회, 제4권, 2002, pp. 69-96.

오성동・박노경, “컨테이너항만의 국제경쟁력 분석방법 : DEA접근”, 한국항만경제학회지, 제17권 1호, 2001, pp. 27-51.

이장원, 김형기, 김성호, “한・중・일 3국의 항만 경쟁력 비교 연구”, 국제지역연구, 제11권 제4호, 2008, pp. 333-360.

임종섭, “동북아 국가의 항만 개발정책에 따른 우리나라 항만의 대응전략”, 통상정보학회, 제8권 제1호, 2006, pp. 1-19.

조윤기, “한・중・일 컨테이너항만의 효율성 비교 분석”, 한국동북아경제학회, 제18권 제3호, 2006, pp. 1-20.

하명신, “동북아시아지역 주요 컨테이너 항만들의 서비스 질 평가와 항만간의 상호협력방안”, 한국국제상학회, 제16권 제1호, 2001, pp. 143-171.

Aiger, D. J., C. A. K. Lovell and P. Schmidt, “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", Journal of Econometrics, Vol.6, 1997, pp. 21-37.

Anderson, R. I., Lewis, D. and Zumpano, L.V., “X-Inefficiences in the Residential Real Estate Market: A Stochastic Frontier Approach", JRER, 20, 2000, pp. 94-103.

Banker, R. D., Charnes A. and W. W. Cooper, “Some Models For Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", Management Science, Vol. 30, 1984, pp. 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W. W. and E. Rodes, “Measuring the Efficiency of Decision Making Unit", Europea Journal of Operation Research, Vol. 2, No. 4, 1978, pp. 429-444.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone K., Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver software, Kluwer Academic Publisher, 2000.

Cullinane, K., Song, D. W. and Gray R., “A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia : Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures", Transportation Research Part A : Policy and Practice, Vol. 36, No. 8, 2002, pp. 743-762.

Cullinane, K., and Wang, T. F., “The efficiency of European container ports : a cross-sectional data envelopment analysis", International Journal of Logistics : Research and Applications, Vol. 9, No. 1, 2006, pp. 19-31.

Chul-Hwan, H., “An Empirical Analysis on the Performance and Efficiency Determinants of Asian Container Terminals", Korea Association of Shipping Studies, Vol. 36, 2002, pp. 147-165.

Cummins, D. and H. Zi, “Measuring Economic Efficiency of the US life Insurance Industry: Econometric and Mathematical Programming Techniques", Journal of Productive Analysis, Vol. 10, 1998, pp. 131-152.

Notteboo, T., Coeck, C. and J. V. Broeck, “Measuring and Explaining the Relative Efficiency of Container Terminals by Means of Bayesian Stochastic Frontier Model", Journal of Maritime Economic & Logistics, Vol.2, 2000.

Tongzon, J., “Efficiency Measurement of Selected Austealian and other International Port Using Data Envelopment Analysis", Transportation Research Part A, Vol.35, 2001, pp. 107-122.

Valentine, V. C. and R. Gray, “Comparison of Hub Port : A Comparison between Europe and Far East" , Korea Association of Shipping Studies, Vol.35, 2002, pp. 197-213.

< 요 약 >

동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교
- DEA 기법을 중심으로 -

하명신

본 연구의 목적은 미국항만과 동북아시아 항만에 대해 효율성을 비교하여 효율적인 항만이 되기 위한 주요 전략을 제시하는 것으로, 동북아시아 항만을 DEA모형에 적용하였다. DEA모형은 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적, 효율적 프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율성 프론티어상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정한다. 이 방법은 다양한 산출물과 여러 가지 투입요소를 동시에 고려하여 상대적 효율성 값을 도출하여 그 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐 아니라 비효율성이 어느 부문에서 발생하며 그 크기가 얼마 정도인지에 대한 수치적 정보를 제공해줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다. 본 연구에서는 DEA-CCR모형, DEA-BCC모형 및 규모효율성을 통해 2005년~ 2007년도 미국과 동북아시아 35개 항만에 대해 상대적 효율성을 분석하였다. 연구의 결과에 의하면 미국의 경우 휴스톤항이 효율적으로 나타난 반면 대부분의 항이 비효율적인 것으로 식별되었으며, 한국 및 일본의 항만도 비효율적인 것으로 나타났다. 반면 중국의 경우 상해, 홍콩, 선전 항 등 다수의 항만들이 양호한 것으로 나타나 이에 대한 심층적 분석이 필요할 것으로 사료된다.

□ 주제어: 미국항만, 동북아 항만, DEA모델, 효율성분석

<붙임> 세계 주요 항만별 물동량 현황

(단위: 만TEU, %)

순위	항 만	국 가	2007	2006	성장률
1(1)	Singapore	Singapore	2,793,200	2,479,240	12.7
2(3)	Shanghai	China	2,615,000	2,171,000	20.5
3(2)	Hong Kong	China	2,388,100	2,353,858	1.5
4(4)	Shenzhen	China	2,109,900	1,846,890	14.2
5(5)	Busan	Korea	1,327,000	1,203,000	10.3
6(7)	Rotterdam	Netherlands	1,079,060	965,451	11.8
7(8)	Dubai	UAE	1,065,303	892,347	19.4
8(6)	Kaohsiung	Taiwan	1,025,683	977,467	4.9
9(9)	Hamburg	Germany	990,000	886,155	11.7
10(11)	Qingdao	China	946,200	770,200	22.9
11(13)	Ningbo	China	936,000	706,800	32.4
12(15)	Guangzhou	China	920,000	660,000	39.4
13(10)	Los Angeles	USA	835,504	846,985	-1.4
14(14)	Antwerp	Belgium	817,661	701,890	16.5
15(12)	Long Beach	USA	731,247	729,037	0.3
16(16)	Port Klang	Malaysia	712,000	632,629	12.5
17(17)	Tianjin	China	710,300	595,000	19.4
18(19)	Tanjung Pelepas	Malaysia	550,000	477,000	15.3
19(18)	New York/New Jersey	USA	540,000	509,281	6.0
20(20)	Bremen/Bremerhaven	Germany	489,224	442,820	10.5
21(21)	Laem Chabang	Thailand	464,191	412,312	12.6
22(22)	Xiamen	China	462,700	401,870	15.1
23(27)	Dalian	China	457,420	321,200	42.4
24(24)	Tanjung Priok	Indonesia	390,000	360,000	8.3
25(23)	Tokyo	Japan	381,800	396,902	-3.8
26(32)	Gioia Tauro	Italy	344,534	290,000	18.8
27(26)	Algeciras	Spain	341,435	325,678	4.8
28(28)	Yokohama	Japan	340,000	319,989	6.3
29(29)	Colombo	Sri Lanka	338,000	307,913	9.8
30(30)	Felixstowe	UK	330,000	300,000	10.0

자료 : Containerization International Yearbook 2007.