

## 국내 주요 4대 컨테이너항만의 효율성 및 결정요인 분석

박호\* · 김동진\*\*

### The Efficiency and Determinants of 4 Major Container Ports in Korea

Ho Park · Dongjin Kim

**Abstract :** As the environment surrounding ports is rapidly changing and ports competition in Southeast Asia has become more severe to secure cargo volumes, ports strive to enhance their competitiveness by improving the efficiency of operations. The operational efficiency of ports, plays a crucial role to improve a nation's. This study aims to analyze the efficiency of container port and its determinants during over five year(2006 to 2010) period using DEA-O and Tobit regression respectively. The results show that firstly, Gamman is the most efficient container terminal, followed by New Gamman container terminal and Hutchison Busan container terminal. Secondly, it is notable that the efficiency of Busan Newport is dramatically increasing, and finally, the yard productivity of the container port is only influencing determinant of all.

**Key Words :** Container Port Efficiency, DEA, Tobit Regression

---

▷ 논문접수: 2012.06.20   ▷ 심사완료: 2012.09.25   ▷ 게재확정: 2012.09.26

\* 부산대학교 국제전문대학원 박사과정, hpark0321@naver.com, 010)9516-0321, 대표집필

\*\* 부산대학교 국제전문대학원 교수, ssskdj@hanmail.net, 051)510-3726, 교신저자

## I. 서론

세계 해운환경 변화와 세계 경제위기로 2009년 전 세계 컨테이너 물동량은 458,640천 TEU로 전년대비 10% 감소하였다. 그러나 글로벌화의 급속한 진전과 국가간 교역의 증대로 전 세계 컨테이너 처리물동량은 2006년 435,534천TEU, 2010년 516,925천TEU로 연평균 4.38%의 증가 추세(CAGR)를 보이고 있다. 특히 2010년 전 세계 컨테이너 물동량은 516,925천TUE로 전년대비 12.7% 성장률로 세계 경제위기 등을 극복한 회복세를 기록하였지만 글로벌 물류환경 변화 및 유럽 금융위기 등 세계경제 침체로 어려운 상황에 처해있다. 치열한 항만간 경쟁 속에 물동량을 확보하기 위해 각 항만은 시설투자를 통해 항만 효율성을 높여 경쟁 우위를 확보하고자 중심항만으로의 육성에 노력하고 있다. 항만 효율성은 개별항만의 경쟁력에만 관련된 것이 아니며 해상 운송비용 절감을 통한 국가 수출경쟁력 제고에도 중요한 역할을 한다.

이러한 국가 경제 성장에 큰 영향을 미치는 항만 경쟁력을 결정하는 요인을 정확히 분석하고, 항만의 성과를 지속적으로 평가하고 관리할 필요가 있다. 이에 본 연구는 한국을 대표하는 주요 4대 컨테이너 항만 터미널의 효율성을 2006~2010년의 기간을 대상으로 분석하였다. 국내 4대 항만 중 부산, 인천, 광양은 2010년 기준 전 세계 항만 컨테이너 물동량 처리 순위 100위 안 부산(5위), 광양(58위), 인천(66위)이 속해 있으며 평택은 2010년 446천TEU를 처리하여 세계 150위권의 항만이다<sup>1)</sup>. 이상의 4대 컨테이너 항만은 2010년 기준 우리나라 전체 컨테이너 물동량의 96%를 담당하고 있는 중심항만이다.

본 연구의 목적은 국내 4대 컨테이너 항만 터미널의 효율성 및 변화를 분석하고, 특히 세계 5위 컨테이너 항만인 부산항의 부산신항 개장이후 컨테이너터미널의 효율성 추이를 살펴보고, 컨테이너터미널 효율성에 영향을 주는 요인에 대해 분석한다. 4대 컨테이너 항만 터미널 효율성 분석기간 및 대상은 우리나라 전체 물동량의 약 70%이상을 차지하는 부산항 중 부산신항의 개장시점인 2006년을 기점으로 12개의 컨테이너터미널과 부산신항 2-2단계 컨테이너터미널(HPNT) 개장 시점인 2010년을 종점으로 16개의 컨테이너터미널이다. 효율성 분석에 이용된 방법은 DEA(Data Envelopment Analysis)이며, 효율성의 결정요인분석에는 토빗(Tobit) 회귀모형을 이용하였다. 분석에 활용한 자료는 각 항만 공사의 컨테이너터미널 통계 자료 및 해운항만물류정보시스템(www.spidc.go.kr)의 자료를 이용하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 선행연구 및 DEA 모형에 관해 고찰하고, 제3장에서 DEA 모형을 도입하여 효율성을 분석한 후 Tobit모형을 이용한 결정요인을

1) Containerisation International(<http://www.ci-online.co.uk/>).

도출한다. 제4장 결론에서는 시사점 및 연구의 한계점을 제시한다.

## II. 선행연구 및 DEA 모형

### 1. 선행연구 고찰

항만 및 컨테이너터미널의 효율성 측정에 DEA 모형을 이용한 다수의 연구가 발표되고 있으며, 관련 문헌의 내용을 정리하면 아래와 같다.

Roll과 Hayuth(1993)는 DEA를 이용하여 인력, 자본, 시설 3개의 투입요소와 화물처리량, 서비스 수준, 사용자 만족, 선박입항횟수 4개의 산출요소를 사용하여 CCR 모형을 토대로 효율성을 분석하였다. 또한 항만의 효율성을 분석하는데 있어서 DEA방법을 이용하여 분석하는 것이 가장 적절함을 보여주었다. Dawn & Ileschne(1990)은 컨테이너터미널의 생산성은 노동, 장비 및 토지의 효율적인 이용에 달려 있으며, 효율성은 이 세 가지 요소의 효율적 이용으로 측정할 수 있다고 하였다.

한철환(2003)은 아시아 컨테이너터미널에 대한 효율성 결정요인을 38개 아시아 컨테이너터미널을 대상으로 1999년도 자료를 이용하여 항만성과와 항만효율성 간 연립방정식 모델을 설정 후 컨테이너터미널의 결정요인으로 선석면적, 야드생산성, 총크레인생산성을 변수로 선정하여 연구를 시도하였고, 분석결과 컨테이너터미널의 효율성에 결정적 영향을 미치는 요인으로 야드처리량과 선석면적을 도출하였다. Tongzon(2001)은 전세계 16개 컨테이너 항만을 대상으로 선석 수, 크레인 수, 예인선 수, CY면적, 대기시간, 종사자 수의 투입변수와 컨테이너 물동량, 선박작업율을 산출요소로 하는 CCR 모형으로 효율성을 분석하였다. 한국컨테이너부두공단(2002)의 연구에서 컨테이너터미널의 경쟁력을 결정하는 요인으로 항만시설 및 장비의 보유현황, 컨테이너부두의 생산성, 가격경쟁력 및 서비스 측면 등을 주요요인으로 제시하고 있다.

Turner et al.(2004)는 북미 항만을 대상으로 DEA방법을 이용하여 효율성 흐름을 분석한 후 항만 효율성의 결정요인을 항만구조, 항만소유권, 해운업체 행동, 항만상태, 항만지배, 그리고 철도인입선 유무 등의 더미변수를 선정하여 Tobit 회귀분석을 이용하여 분석하였다. 송재영(2004)는 DEA와 Malmquist Index를 이용하여 우리나라 항만을 포함한 세계 주요 53개 항만을 대상으로 효율성을 선석길이, 부두 총면적, G/C장비와 야드 장비, CFS 면적, 총 노동시간의 투입변수와 총 처리물동량(TEU)의 산출요소를 선정하여 1995년에서 2001년까지의 7개년의 효율성 변화 및 생산성을 분석하였다. 류동근(2005)은 DEA-BCC 모형을 이용하여 우리나라 컨테이너터미널 운영사를 기준으로

DMU(decision making unit)를 선정하여 종업원수, 부두길이, 부지면적, 갠트리크레인 대수의 투입요소와 컨테이너 처리실적, 연간 선석점유율, 컨테이너 내장화물톤수를 산출요소로 선정하여 각 터미널에 대한 효율성을 분석하였으나, 동일 시점의 DMU가 아닌 3개년 동안의 DMU를 동일 분석 대상으로 선정하였다. 모수원(2008)은 한국 7개 항만의 효율성의 결정요인에 대해 기존의 연구 접근법과는 달리 지역의 총생산과 무역규모가 항만의 경쟁력에 미치는 영향을 분석하였고, 효율성을 분석하기 위한 투입요소는 지역 수출입, 산출요소로 항만 수출입으로 선정하여 Tobit 모형을 이용하여 지역의 수출/총수출입 변수는 효율성에 부정적인 영향을 미치고, 지역항만의 수출입/총수출입은 긍정적 영향을 미치며, 지역내 총생산/국내총생산은 수출 효율성에 별다른 영향을 미치지 않는 것을 제시하였다. 즉 지역경제규모와 지역무역규모가 클수록 항만의 효율성이 높을 것이라는 예상과는 다르다는 것을 밝힌 바 있다.

나호수(2008)는 한국 5대 항만인 부산, 광양, 인천, 울산, 포항항에 관해 DEA모형을 이용하여 1997~2006년까지 10년간 항만의 효율성을 비교 분석하고, Malmquist 생산성 지수를 분석하여 장기적인 항만의 효율성 추세를 파악하였다. 방희석(2011)은 전세계 76개 컨테이너 항만을 대상으로 2005~2009년의 효율성을 분석하고, 지역별, 기간별로 비교 및 주요 73개 항만과 국내 3개 항만과의 비교 분석으로 연구결과를 도출하였다. 모수원 외1(2010)은 부산항과 광양항의 컨테이너터미널에 대한 기업집중율을 도출하고, 투입요소로 CY면적과 C/C대수, 산출요소로 물동량을 선정하여 효율성을 분석하고, 효율성에 대한 결정요인으로 컨테이너 야드당 물동량, 컨테이너 크레인당 물동량을 설명 변수로 Tobit 분석을 이용한 연구를 진행하였다. 박홍균(2011)은 부산항과 광양항의 11개 컨테이너터미널을 2007~2009년까지의 분석기간으로 하고 CY면적, G/C대수, T/C대수, Y/T대수를 투입변수로, 산출변수를 환적물동량으로 효율성을 분석하고, 다수 컨테이너터미널의 효율성이 1인 점을 고려하여 효율성을 분석하였다.

선행연구의 DEA 모형에 사용된 투입변수와 산출변수를 정리하면 아래의 <표 1>과 같다.

<표 1> 선행연구의 투입요소와 산출요소

연구자	투입요소	산출요소	분석대상
Tongzon (2001)	선석수, 크레인수, 예인선수, CY면적, 대기시간, 종사자 수	컨테이너 처리량, 선박작업율	전세계 16개 컨테이너 항만
Turner et al.(2004)	선석길이, 터미널 면적, 크레인대수	컨테이너 처리량	북미 26개 항만

## 국내 주요 4대 컨테이너항만의 효율성 및 결정요인 분석

연구자	투입요소	산출요소	분석대상
송재영 (2004)	선석수, 총면적, G/C장비, 야드장비, CFS 면적, 평균 작업시간	컨테이너 처리량	세계 53개 컨테이너 항만
류동근 (2005)	종업원수, 부두길이, 부두면적 G/C대수	컨테이너 처리량, 연간선석점유율, 컨테이너 내장화물톤수	부산, 광양의 2002~2004 컨테이너터미널
나호수 (2008)	하역능력, CY면적, 부두안벽길이, 접안능력	외항화물, 내항화물	부산, 광양, 인천, 울산, 포항
모수원 (2010)	CY 면적, G/C 대수	컨테이너 처리량	부산, 광양 컨테이너터미널
박홍균 (2011)	CY면적, G/C대수, T/C대수, Y/T대수	환적물동량	부산, 광양 11개 컨테이너터미널
방희석 (2011)	선석길이, 평균수심, 크레인수, 터미널 면적	컨테이너 처리량	전세계 76개 항만

이상의 연구에서 DEA 모형을 사용하여 항만 및 컨테이너터미널의 효율성 분석을 위해 다양한 투입요소와 산출요소를 고려하고 있으나, 분석대상과 고려하는 요소들이 상이한 연구가 진행되었다. 그러나 상대적 효율성 측정을 위한 대상선정에서 특정 항만 및 컨테이너터미널을 대상으로 한 연구가 주를 이루었으며, 연구의 기간 관점에서는 단년에 그친 연구로 시간의 흐름에 따른 효율성 변화에 관한 연구가 필요하고, 특히 2005년 이후 항만의 개발과 컨테이너터미널 개장 시점에서 효율성에 대한 연구 및 효율성 결정요인에 관한 연구가 부족하였다.

따라서 본 연구에서는 기존에 비교되지 않았던 국내 4대 컨테이너 항만의 전체 터미널을 분석 대상으로 선정하고, 분석대상 기간을 우리나라 전체 물동량의 70%이상을 차지하는 부산항의 신항 개장과 터미널 활성화의 상황을 파악하기 위해 2006~2010년까지의 효율성을 비교 분석하여, 신항 개장 후 효율성의 변화를 살펴보았다. 또한 항만별 컨테이너터미널의 효율성 변화를 비교하고, 기존 연구에서 나타난 컨테이너터미널의 효율성 결정요인을 바탕으로 실증 분석을 실시하였다.

## 2. DEA 모형

효율성(efficiency)은 생산조직이 사용한 투입량에 대한 산출량의 비율로 정의되며 Farrell(1957)은 생산조직의 효율성을 그 생산조직이 효율적 집합에서 떨어져 있는 거

리로 측정이 가능하다는 거리개념의 효율성 측정 방법을 제시하였다. DEA는 여러의 사결정단위의 관측된 자료를 이용하여 비모수적인 방법이며, 다수의 투입물과 다수의 산출물을 동시에 고려하여 효율성을 분석할 수 있기 때문에 기존의 생산함수접근법에 비하여 유연성이 있다(류동근, 2005). DEA는 사용 목적에 따라 여러 가지 모형이 있으며 그 중 대표적인 모형은 CCR과 BCC 모형이다. CCR 모형은 규모에 대한 보수불변(CRS: constant return to scale) 상태일 경우 사용되는 모형이며 BCC 모형은 규모에 대한 수익가변(VRS: variable return to scale) 상태일 경우 사용된다. Cullinane(2002)과 Jara-Diaz et al.(1997)는 DEA를 이용하여 항만산업에는 상당한 규모의 경제가 존재한다는 것을 밝힌 바 있다.

### 1) CCR 모형

CCR 모형은 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)가 제시한 모형으로 평가대상이 되는 DMU들의 투입물의 가중합계에 대한 산출물의 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 제약조건하에서 DMU의 투입물 가중합계에 대한 산출물 가중합계의 비율을 최대화시키고자 하는 선형분수계획법이다. 따라서 CCR모형은 투입요소 가중치와 산출요소 가중치의 비율로서 실적을 요약하며 아래의 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } h_0 &= \theta & (1) \\
 \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= \theta x_{i0}, \quad i=1, \dots, m \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{r0}, \quad r=1, \dots, s \\
 s_i^-, s_r^+, \lambda_j &\geq 0, \quad \forall i, r, j
 \end{aligned}$$

### 2) BCC 모형

CCR 모형은 규모에 대한 수익불변(CRS : Constant Returns to Scale)이라는 가정하에 모형이 도출되기 때문에 규모의 효율성과 순수 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 가지고 있다. Banker, Charnes, and Cooper(1984)는 이러한 CCR 모형에서 가정하고 있는 규모수익불변을 완화하여 규모수익가변(VRS : Variable Returns to Scale)이란 가정을 적용하고 볼록성 필요조건을 추가하였다. 주어진 투입물 수준을 유지하면서 생산되는 산출물을 극대화하려는 BCC 모형은 다음의 식(2)와 같다.

$$\text{Min } h_0 = \theta \tag{2}$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$s_i^-, s_r^+, \lambda_j \geq 0, \quad \forall i, r, j$$

### 3) 규모의 효율성

CCR 모형은 규모수익이 일정하다고 가정하고 있다. 즉, 규모가 아무리 작더라도 투입물과 산출물의 양의 일정비율로 축소해 효율적인 DMU의 비율척도와 같으면 효율적일 수 있다고 가정하고 있다. 그러나 일반적으로 사업의 특성에 따라 규모가 커질수록 효율적이 되거나 비효율적이 될 수 있으므로 CCR 모형의 규모수익불변이라는 가정이 성립되지 않는 경우가 많다. 즉, DMU의 비효율성이 DMU 자체의 비효율적인 운영에 기인하는 것인지 혹은 DMU가 운영되고 있는 불합리한 상황에 기인하는 것인지 파악하여야 한다. 이러한 규모의 효율성은 CCR 모형과 BCC 모형으로부터 도출할 수 있다.

## Ⅲ. 효율성 및 결정요인 분석

### 1. 효율성 분석

DEA 모형은 효율성 평가대상인 DMU의 수와 투입요소와 산출요소로 선정되는 변수의 수에 따라 효율성 변별력이 영향을 받을 수 있다. DMU의 수가 투입요소와 산출요소의 수에 비해 지나치게 작은 경우에는 모든 DMU의 효율성이 1로 도출되어 평가대상 DMU 모두가 효율적이라고 평가될 가능성이 있다. 이러한 DEA 모형의 판별력과 관련된 선행연구 중 대표적인 연구로 Boussofinance et al.(1991)은 평가대상인 DMU의 수가 투입요소의 수와 산출요소 수의 곱보다 2배 이상 커야 변별력이 있다고 하였다.

본 연구에서 사용할 투입변수와 산출변수는 각각 4개, 1개이며, DMU는 2006년 12개, 2007~2008년 13개, 2009년 14개, 2010년 16개로 Boussofinance et al.(1991)의 연구가 제시한 효율성의 변별력을 확인하기에 충분하다. 또한 DMU 동질성 여부는 연구결과의 신뢰성에 큰 영향을 미치기 때문에 항만에서 동일한 작업을 수행하는 컨테이너터미널을 대상으로 선정함으로써 신뢰성을 확보하였다.

선행연구를 토대로 본 연구에서 DMU는 국내 4대 컨테이너 항만의 터미널을 대상으로 하고, 2006~2010년의 효율성을 분석하기 위해 선행연구에서 사용빈도가 높은 선석수, 안벽길이, 터미널 면적, G/C 수를 투입변수로 컨테이너 처리실적을 산출변수로 사용하였다. Tongzong(1995)은 항만의 효율성을 측정할 때 컨테이너처리실적과 고객만족이 필수 산출변수라 지적하였으며, 특히 컨테이너처리실적은 고객만족을 대표할 수 있는 산출변수라 하였다. 분석에 사용된 투입요소와 산출요소의 기술통계량은 <표 2>와 같다.

<표 2> 투입요소와 산출요소의 기술통계량(2010년 기준)

구분	투입요소				산출요소
	선석수(개)	선석길이(m)	G/C 수(대)	터미널면적(천㎡)	컨테이너 처리량(TEU)
최소값	2	407	4	76	205,171
최대값	6	2,000	16	1,354	2,687,975
평균	3.81	1141.87	9.5	641.62	1,048,287
표준편차	1.04	409.77	3.96	372.96	758,707.3

기술통계량을 분석한 <표 2>와 같이 4대 컨테이너 항만의 16개 컨테이너터미널의 선석 평균 개수는 약 4개였으며, G/C 대수 평균은 약 10대로 나타났다. 터미널 면적에서 가장 작은 터미널과 큰 터미널은 약 1:18배로 나타났으며, 평균 컨테이너터미널의 물동량은 1,000천TEU로 나타났다.

DEA 모형은 분석 시 투입중심(input-oriented)모형과, 산출중심모형으로 구분할 수 있다. 투입중심 모형은 안정적인 수요를 바탕으로 현재 산출물을 최대화 하려는 투입최소화(Input Minimization) 측정에 적합하다고 할 수 있는 반면, 산출중심 모형은 현재의 투입요소에 산출극대화(Output Maximization)에 적합하다(방희석, 2010). 산출중심 모형은 투입요소가 고정자산의 성격이 강한 항만, 철강 및 자동차 산업 등의 평가에 유용하게 사용되는 DEA 모형이므로(이형석, 2006), 본 연구에서는 4대 항만 컨테이너터미널의 효율성 분석에 산출중심 모형(CCR-O, BCC-O)을 사용하여 2006~2010년의 효율성 분석을 실시하였다. 효율성 분석 시 각 년도별 DMU 수의 변화원인은 2007년 광양 3단계의 개장, 2009년 신항 HJNC 개장, 2010년은 신항 PNIT, HPNT의 개장이다. 효율성 분석에 사용된 자료는 각 항만의 항만공사의 통계자료 및 해운항만물류시스템의 자료를 활용하였다.

아래의 <표 3>은 2006년 12개, 2007년 13개, 2008년 13개, 2009년 14개, 2010년 16개의 국내 4대 컨테이너 항만 터미널의 효율성을 분석한 결과이다.

국내 주요 4대 컨테이너항만의 효율성 및 결정요인 분석

<표 3> 국내 4대 컨테이너 항만 터미널의 효율성 분석

DMU	2006			2007			2008		
	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE
자성대	1	1	1	0.8573	0.8604	0.9964	0.997	0.8301	0.997
신선대	0.9869	0.9974	0.9895	0.9049	0.9082	0.9964	1	0.8385	1
감만	1	1	1	1	1	1	1	1	1
신감만	1	1	1	0.9658	1	0.9658	0.9767	1	0.9767
우암	0.7094	0.7942	0.8932	0.5607	0.6523	0.8596	0.6805	0.9145	0.6805
PNC	0.0855	0.1074	0.7961	0.1698	0.2037	0.8336	1	0.5801	1
광양 1	0.7242	0.7291	0.9933	0.3451	0.3541	0.9746	0.9797	0.3005	0.9797
광양 2-1	0.2057	0.2113	0.9735	0.1813	0.1985	0.9134	0.9286	0.1836	0.9286
광양 2-2	0.3931	0.4037	0.9737	0.3473	0.3801	0.9137	0.9283	0.4518	0.9283
광양 3				0.2741	0.2837	0.9662	0.9727	0.3987	0.9727
ICT	0.8355	1	0.8355	0.7118	1	0.7118	0.7556	1	0.7556
SICT	0.4593	1	0.4593	0.8115	1	0.8115	0.844	1	0.844
PCTC	0.5212	1	0.5212	0.3196	0.3932	0.8128	0.964	0.1947	0.964
DMU	2009			2010			평균		
	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE	CRS	VRS	SE
자성대	0.8225	0.8543	0.9628	0.6887	0.7675	0.8973	0.8392	0.8625	0.971
신선대	1	1	1	1	1	1	0.9461	0.9488	0.997
감만	1	1	1	1	1	1	1	1	1
신감만	1	1	1	1	1	1	0.9885	1	0.989
우암	0.6965	1	0.6965	0.7672	1	0.7672	0.6712	0.8722	0.779
PNC	0.4064	0.6653	0.6109	0.8525	1	0.8525	0.4189	0.5113	0.819
PNIT				0.4348	0.5652	0.7693	0.4348	0.5652	0.769
HJNC	0.5358	0.5365	0.9987	0.8831	0.9091	0.9714	0.7095	0.7228	0.985
HPNT				0.5059	0.5795	0.873	0.5059	0.5795	0.873
광양 1	0.3185	0.3269	0.9743	0.3179	0.32	0.9934	0.4000	0.4061	0.983
광양 2-1	0.192	0.2288	0.8392	0.1922	0.2172	0.8849	0.1883	0.2079	0.908
광양 2-2	0.4916	0.5883	0.8356	0.5686	0.647	0.8788	0.4440	0.4942	0.906
광양 3	0.3272	0.3389	0.9655	0.4266	0.4319	0.9877	0.3539	0.3633	0.973
ICT	0.5031	1	0.5031	0.5857	1	0.5857	0.6783	1	0.678
SICT	0.7366	1	0.7366	0.7982	1	0.7982	0.7299	1	0.730
PCTC	0.2165	0.2186	0.9904	0.3102	0.3105	0.999	0.3110	0.4234	0.857

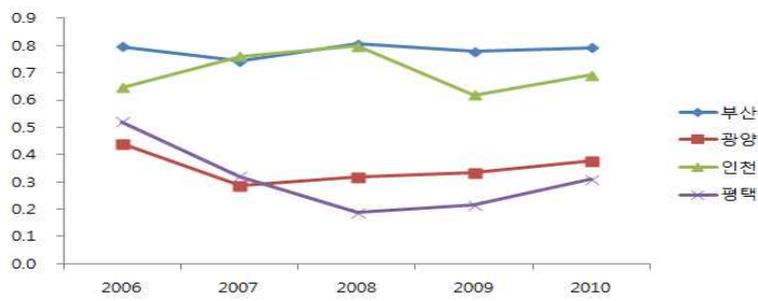
주 : 1) 부산항 개장현황-PNC(부산신항만) 2006년, HJNC(한진해운신항만) 개장 2009년, PNIT(부산신항국제터미널), HPNT(현대부산신항만) 개장 2010년.  
 2) 광양항 3단계 개장 2007년.  
 3) ICT(인천컨테이너터미널), SICT(선광인천컨테이너터미널), PCTC(평택컨테이너터미널).

규모에 대한 보수 불변 상황(CRS:Contant Returns to Scale)에서의 2006~2010년 전체 DMU의 평균은 0.615로 나타났고, 컨테이너터미널 중 감만 터미널의 2006~2010년까지의 효율성이 1로 가장 높게 나타났고, 신감만(0.98), 신선대(0.94), 자성대(0.83)의 순으로 나타났다. 광양 2-1단계는 각 년도에서 가장 낮은 효율성을 나타내었다. 2006년

개장한 부산신항의 경우 PNC의 효율성은 2006년 0.08에서 2010년 0.852로 부산신항이 활성화되었음을 보여 주며 HJNC도 2010년 0.88로 높은 효율성을 나타내었다. 이는 부산 북항 재개발 등 부산신항의 물동량 이전 가속화로 부산신항의 컨테이너터미널이 활성화되었음을 의미한다. 광양항 4개 컨테이너터미널은 전체 대상년도에서 평균 효율이 0.4로 낮은 효율을 나타내었고, 인천은 평균 0.7의 효율성을 나타내었다.

항만별로 효율성을 비교하였을 때 전체적인 효율성은 부산항과 인천항이 높게 나타났으며, 특히, 2008년 세계 경기위기 여파에서 인천항과 부산항의 평균 효율성은 감소하였지만 광양항, 평택항의 경우 효율성의 상승을 나타내었다. 이러한 원인으로는 부산항과 인천항에서 높은 물동량 비중을 지닌 중국과의 교역 감소에서 기인한다.

<그림 1> 컨테이너터미널의 항만별 CCR-O 효율성 변화

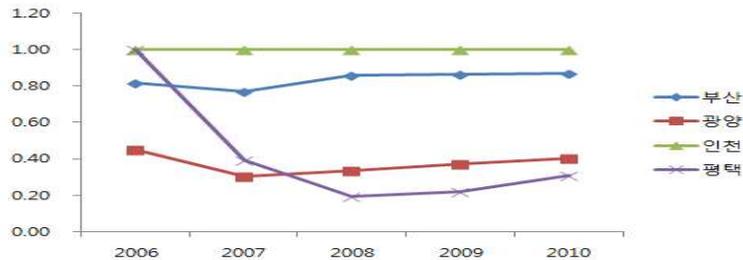


보수에 대한 규모 가변 상황(VRS:Variable Returns to Scale) 가정 하에서 컨테이너터미널의 평균 효율성은 감만과 신감만이 1로 가장 높은 효율성을 나타내었다. 다음으로 신선대(0.94), 우암(0.87), 자성대(0.86)의 순으로 나타났다. CCR-O와 같이 부산신항의 PNC는 2006년 0.1에서 2010년 1로 신항 활성화를 나타내었으며, 부산신항 HJNC도 0.9로 높은 효율을 나타내었다. 2010년 개장한 PNIT와 HPNT도 2006년 신항 개장 초기의 PNC 효율성보다 높은 0.5의 효율을 나타내어, 부산신항 개장 초기보다 축적된 노하우를 이용한 개장 후 짧은 활성화 시간을 나타내는 것으로 분석되었다. 광양 2-1단계는 각 년도에서 가장 저조한 효율성을 나타내었다.

컨테이너터미널의 항만별 효율성 변화는 인천항이 각 년도에서 1을 나타내었고, 부산항은 효율성이 낮은 추세로 상승하고 있음을 나타내었다. 평택항의 2007년 효율성 감소의 원인은 PCTC의 터미널 확장으로 인해 투입요소의 증가에 따른 것으로 나타났다.

CCR-O, BCC-O 분석 모두에서 부산신항 컨테이너터미널 효율성의 증가는 부산북항의 물동량이 점차 부산신항만으로의 이동을 의미하며 부산신항만이 그 역할을 점진적으로 수행하고 있음을 나타낸다.

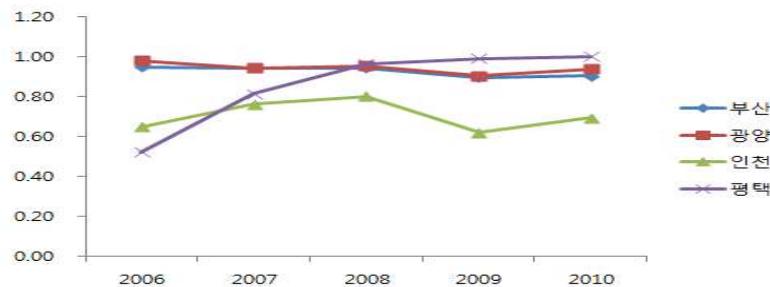
<그림 2> 컨테이너터미널의 항만별 BCC-O 효율성 변화



DMU의 비효율성이 DMU 자체의 비효율적인 운영에 기인하는 것인지 혹은 DMU가 운영되고 있는 불합리한 상황에 기인하는 것인지 파악할 수 있는 규모의 효율성(SE: Scale Efficiency)에서 감만은 평균 효율성이 1로 가장 높게 나타났고, 신선대(0.99), 신감만(0.98), 자성대(0.97)의 순으로 나타났다. 다수의 항만이 높은 규모의 효율성을 나타내어 운영에서 효율적으로 운영되고 있는 것으로 분석되었다. 특히 CCR-O, BCC-O 분석에 낮은 효율을 보인 광양 2-2단계와 PCTC는 평균 규모의 효율에서 각각 0.9, 0.8로 효율적 운영을 하고 있지만, 컨테이너터미널이 처한 시장 상황 때문에 효율성이 낮은 것임을 알 수 있다.

4개 항만별로 규모의 효율성 변화는 인천항이 가장 낮은 효율을 나타냈으며, 2009년은 경제위기에 따른 중국 물동량의 감소로 가장 낮은 효율을 나타내었다, 부산항과 광양항은 안정적인 효율 변화를 나타내어 운영상에서 축적된 노하우로 효율적인 운영을 하고 있음을 나타냈다.

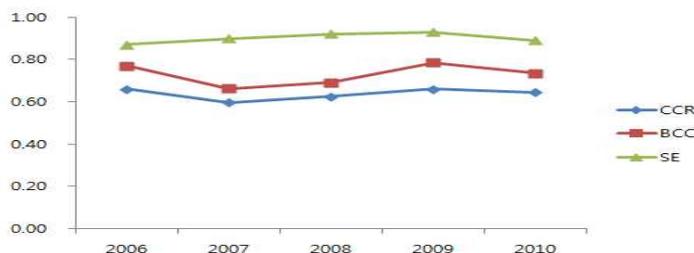
<그림 3> 컨테이너터미널의 항만별 규모의 효율성 변화



<그림 4>에서와 같이 2006년에서 2010년까지 4대 컨테이너 항만 터미널의 효율성 평균은 2009년에 증가를 나타내고 2010년 다시 감소를 나타내어, 세계 경제 침체 등 항만을 둘러싼 환경이 급격히 변화하고 물동량 확보를 위한 항만 간 경쟁이 갈수록 치열해짐을 나타내고 있으며, 이를 해결하기 위해 부산항과 광양항은 선사 기항을 위한 마

케팅, 다양한 인센티브제 등을 통한 물량 창출이 요구되며 인천항과 평택항은 중국과의 교역 등에서 물량 창출이 필요하다.

<그림 4> 컨테이너터미널의 평균 효율성 변화



## 2. 효율성 결정요인 분석

DEA 모형에서 도출된 효율성의 값은 0과 1사이의 값을 갖기 때문에 항상 일정한 방향으로 한계 값을 가지는 분포가 된다. 효율성의 값은 제한된 값을 갖기 때문에 그 분포가 일반적인 회귀모형에서 가정하고 있는 정규분포와 달라 회귀계수가 불일치 추정치(inconsistent estimates)를 갖게 되므로 잘못된 실증 결과를 가져올 수 있다(박홍균, 2010). 즉, 일반적인 회귀분석에서의 통상 최소자승법(ordinary least squares : OLS)을 사용할 수 없다(유금록, 2008). 이런 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 토빗회귀모형을 이용하여 분석하였다.

선행연구에서 Turner et al.(2004)는 북미항만의 효율성 결정요인을 항만터미널 규모, 선박규모, 철도레일 수로 도출하였다. 한철환(2003)은 아시아 컨테이너터미널의 효율성 결정요인으로 선석면적 및 야드생산성을 도출하였고, 선석면적은 터미널 내 원활한 장비의 작업을 위한 지표이며, 야드생산성은 컨테이너 야드의 성과를 나타내는 변수라고 하였다. 본 연구에서는 BCC-O 효율성을 종속변수로 선행연구에서 제시된 선석면적(BU), 야드 생산성(YT), 철도 인입선 유무(IT) 터미변수를 독립변수로 사용하여 식(3)과 같이 효율성 결정요인을 분석하였다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \epsilon_i \quad (3)$$

$y_i$  = 컨테이너 터미널 효율성  
 $x_1$  = 선석면적(BU)  
 $x_2$  = 야드생산성(YT)  
 $x_3$  = 철도인입선 터미변수()

<표 4> 효율성 결정요인 분석 결과

	2006			2007		
	Coefficient	Std. Error	Z	Coefficient	Std. Error	Z
Constant	.560	.282	1.984**	.271	.223	1.215
BS	-.001	.001	-1.063	.000	.000	-.160
YT	.104	.027	3.897***	.103	.020	5.103***
IT	.237	.129	1.836*	.074	.107	.690
LH	-1.858	.204	-9.104*	-1.926	.196	-9.821*
Log-likelihood	5.274			6.592		
Adjusted R <sup>2</sup>	0.767			0.797		
	2008			2009		
	Coefficient	Std. Error	Z	Coefficient	Std. Error	Z
Constant	.358	.243	1.473	.285	.234	1.216
BS	.000	.000	-.192	.000	.000	.150
YT	.099	.023	4.241***	.122	.028	4.444***
IT	.006	.125	.049	.007	.123	.059
LH	-1.723	.196	-8.783*	-1.734	.189	-9.173*
Log-likelihood	3.946			4.404		
Adjusted R <sup>2</sup>	0.675			0.670		
	2010					
	Coefficient	Std. Error	Z			
Constant	.091	.201	.453			
BS	.000	.000	1.325			
YT	.125	.023	5.369***			
IT	.042	.099	.428			
LH	-1.820	.177	-10.293*			
Log-likelihood	6.409					
Adjusted R <sup>2</sup>	0.675					

주 : \*\*\*, \*\*, \*는 각 1%, 5%, 10%에서 유의함.

<표 4>와 같이 효율성 결정요인 분석 결과 2006~2010년에서 모두 야드생산성이 유의한 변수로 도출되었고, 선석면적 및 철도인입선 유무는 효율성에 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 이는 효율성 분석결과에서와 같이 물동량을 처리하는 선석면적의 크기보다는 선박대형화로 인한 야드 공간 효율이 전체 컨테이너터미널의 효율성에 영향을 주는 요소임을 알 수 있으며, 항만 간 경쟁의 심화와 세계 해운환경 변화, 세계 경기 침체 등의 상황에서 물동량 확보가 중요하다는 점을 나타낸다.

효율성 결정요인 분석 결과를 토대로 컨테이너터미널의 효율성의 증가를 위해서는 선박크기의 증가 및 기항지 축소 등의 상황을 극복하기 위한 항만 및 컨테이너터미널의 전략 구축 필요성이 대두된다.

## IV. 결론

항만을 둘러싼 환경이 급격히 변화하고 물동량 확보를 위한 항만 간 경쟁이 갈수록 치열해 짐에 따라 각국 항만들은 대대적인 항만시설투자를 통한 중심항만 개발전략을 추구함과 동시에 항만운영의 효율성 증대를 통한 경쟁력 강화에 노력하고 있다. 이러한 항만의 경쟁우위를 좌우하는 가장 중요한 결정요인 중 하나가 바로 항만 효율성이다.

항만의 효율성은 항만의 경쟁우위를 결정하는 요인 중 하나이며, 개발 항만의 경쟁력에만 국한되는 문제가 아니라, 해상운송비용 절감을 통한 국가수출경쟁력을 제고하는데 중요한 역할을 담당한다. 또한 국제시장에 있어서 경쟁우위를 달성하고 유지하기 위해 항만의 경쟁력을 결정하는 요인들을 정확히 이해하고 경쟁항만들과 비교하여 항만의 성과를 지속적으로 평가해야 한다.

본 연구는 항만을 구성하고 있는 컨테이너터미널의 효율성과 결정요인을 2006년에서 2010년까지의 5년간 각 항만공사 및 유관기관의 자료를 바탕으로 DEA-O모형과 Tobit 모형을 이용하여 분석하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 2006년에서 2010년까지의 평균효율성이 가장 높게 나타난 컨테이너터미널은 감만, 신감만, 신선대, 자성대이며, 광양항 2-1단계는 각 년도에서 가장 낮은 효율성을 나타내었다. 둘째, 부산신항의 개장 시점인 2006년에서 HPNT가 개장된 2010년까지 부산신항의 컨테이너터미널 효율성은 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 북항에서 신항으로 물동량 이전이 가속화 되어 신항이 활성화 되고 있음을 나타내며, 신항 개장과 함께 축적된 노하우의 활용으로 차후 신항 개장 시 컨테이너터미널은 높은 효율을 가질 것으로 예상할 수 있다. 셋째, 컨테이너터미널의 항만별 비교에서는 부산항과 인천항이 높은 효율을 나타내었고, 2008년 세계 경제 위기 여파로 2009년 부산항, 인천항의 평균 효율성이 감소하게 되는데, 이러한 원인으로는 높은 물동량 비중을 지닌 중국과의 교역 물동량 감소이다. 넷째, 효율성 결정요인 분석 결과 야드 생산성이 유의한 요인으로 분석되었고, 이는 항만 간 경쟁 심화로 물동량 확보가 필요하며, 선사 기항의 증대를 위한 항만의 노력이 요구된다.

본 연구에서는 항만을 구성하는 컨테이너터미널의 효율성 및 결정요인을 분석함으로써 효율성 증대를 위한 선사 기항 증가를 위한 마케팅, 인센티브제 등의 정책 및 전략의 필요성의 근거를 제시하였다.

향후 연구에서는 선행연구와 차별성을 지닌 투입변수와 산출변수의 이용과 효율성 결정요인 분석 시 가격 측면, 서비스 측면을 고려한 결정요인 변수의 투입이 필요하며, 생산성의 변화의 흐름을 파악할 수 있는 Malmquist 방법론 등의 도입, 그리고 해외 컨테이너 항만 터미널과의 비교연구가 필요하다.

## 참고문헌

- 나호수·이우·이경수, “한국 5대 항만의 효율성에 대한 비교연구”, 『한국항만경제학회지』, 제24권 제5호, 2008, 25-46.
- 류동근, “국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교 : DEA 접근”, 『해운물류연구』, 제47권, 2005, 21-38.
- 모수원, “국제항만의 효율성 결정요소-패널분석과 이분산 토빗모형을 이용하여”, 『한국항만경제학회지』, 제24권 제4호, 2008, 349-361.
- 모수원·이광배, “부산항과 광양항의 컨테이너터미널의 효율성”, 『한국항만경제학회지』, 제26권 제2호, 2010, 139-149.
- 박홍균, “환적화물의 컨테이너터미널 효율성 분석”, 『한국항만경제학회지』, 제26권 제1호, 2010, 1-19.
- 박홍균, “DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너터미널의 하역장비 효율성 결정요인”, 『한국항만경제학회지』, 제26권 제3호, 2010, 1-17.
- 방희석·강효원, “DEA를 활용한 글로벌해운선사의 효율성 측정”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제1호, 2011, 213-234.
- 송재영, “DEA모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가”, 『한국항해항만학회지』, 제29권 제3호, 2005, 195-201.
- 이형석·김기석, “DEA모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적·동태적 효율성 분석”, 『대한경영학회지』, 제19권 제4호, 2006, 1197-1217.
- 유금록, “전문가 의견 또는 고객의 선호를 반영한 공공부문의 효율성 평가 : 일반가중치범위 제한모형(ARG)의 적용”, 『정책분석평가학회보』, 제18권 제2호, 2008, 75-97.
- 한철환, “항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구 : 아시아 컨테이너터미널을 중심으로”, 『월간 해양수산』, 제221호, 2003, 25-36.
- 한국컨테이너부두공단, 『우리나라 컨테이너부두 생산성 향상방안 연구』, 2002.
- Banker, R. D., A., Charnes and W. W., Cooper, "Some Models for Estimation Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, Vol 30, 1994, 1078-1092.
- Boussofina, A., Dyson, R. G., and Thanassoulis, E., "Applied Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operations Research*, 1991, Vol.52, 1-15.
- Dowd, T. J., and Leschine, T. M., "Container Terminal Productivity : A Perspective," *Maritime Policy and Management*, Vol.17, 1990, 107-112.
- Farrell, M.J., "The Measurement of Productivity Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol.120, 1957, 253-290.
- Jara-Diaz, S. R., Cortes, C. E. Vargas, A. D. and Martinez-Budria, E., "Marginal costs

and scale economies in Spanish Ports : A multiproduct approach," Proceedings of Seminar E *XXV European Transport Forum*, 1997, 137-147.

Tongzon, J., "The Determinants of Port Performance and Efficiency," *Transportation Research*, Vol.29, 1995, 245-252.

Tongzon, J., "Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis," *Transportation Research Part A*, Vol.35, 2001, 107-122.

Turner et al., "North American Containerport productivity : 1984-1997," *Transportation Research Part E*, Vol.40, 2004, 339-356.

Y.Roll&T.hayuth, "Port performance comparison Applying data Envelopment Analysis," *Maritime Policy and Management*, Vol.20, 1993, 153-161.

부산항만공사(<http://www.busanpa.com/>)

인천항만공사(<http://www.icpa.or.kr/>)

여수광양항만공사(<http://www.ygpa.or.kr/>)

경기평택항만공사(<http://www.gppc.or.kr/>)

해운항만물류정보시스템(<https://www.spidc.go.kr>)

Containerisation International(<https://www.ci-online.co.uk>)

## 국문요약

# 국내 주요 4대 컨테이너항만의 효율성 및 결정요인 분석

박호·김동진

항만의 효율성은 항만의 경쟁우위를 결정하는 요인 중 하나이며 개발 항만의 경쟁력에만 국한되는 문제가 아니라, 해상운송비용 절감을 통한 국가수출경쟁력을 제고하는 데 중요한 역할을 담당한다. 본 연구는 국내 주요 4대 컨테이너 항만을 구성하고 있는 터미널의 효율성과 결정요인을 2006년에서 2010년까지의 5년간 각 항만공사 및 유관기관의 자료를 바탕으로 DEA-O모형과 Tobit 분석을 이용하여 분석하였다.

연구의 결과로는 첫째, 2006년에서 2010년까지의 평균효율성이 가장 높게 나타난 컨테이너터미널은 감만, 신감만, 신선대, 자성대로 나타났다. 둘째, 부산신항의 개장 시점인 2006년에서 HPNT가 개장된 2010년까지 부산신항의 컨테이너터미널 효율성은 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 북항에서 신항으로 물동량 이전이 가속화 되어 부산신항이 활성화 되고 있음을 나타낸다. 셋째, 컨테이너터미널의 항만별 비교에서는 부산항과 인천항이 높은 효율을 나타내었다. 넷째, 효율성 결정요인 분석 결과 야드 생산성이 유의한 요인으로 분석되었다.

**핵심 주제어 :** 컨테이너항만 효율성, DEA, Tobit