

# 참조집단의 변화를 통한 효율적인 항만의 순위측정방법:DEA접근

† 박 노 경\*

\*조선대학교 무역학과 교수

## A Study on the New DEA Ranking Measurement for the Efficient Seaports based on Changing the Reference Set

† Ro-Kyung Park\*

\* Department of Int'l Trade, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

**요 약** : 본 논문에서는 Jahanshahloo et al(2007)가 새롭게 제시한 모형을 이용하여 2004년도, 국내 26개 항만들을 대상으로 2개의 투입변수(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출변수(수출화물처리량, 수입화물처리량, 입출항척수)가 있는 경우의 CCR[Charnes, Cooper, Rhodes(1978)] 효율성을 측정하였다. 또한 효율성이 1인 효율적인 항만들을 제거하는 방법과 나머지 항만들의 효율성을 평균하는 방법을 이용하여 효율적인 항만들의 정확한 순위를 측정하였다. 실증분석의 핵심적인 결과를 살펴보면, 가장 효율적인 항만의 순위는 옥포, 삼척, 울산, 대산, 부산, 고현항의 순위로 나타났다. 10개의 컨테이너항만을 제외한 16개 일반 항만들 중에서는 삼척항이 가장 강력한 효율적인 항만으로 나타났다. 정책적인 함의는 항만정책당국이 본 논문에서 사용한 분석방법과 더 장기적인 기간을 대상으로 효율성 분석을 시행하고 효율적으로 판명된 항만들에 대해서는 정확한 순위를 파악하고 그러한 결과를 차후 항만투자와 개발 시에 반드시 고려하고 반영해야만 한다는 점이다.

**핵심용어** : 효율적인 항만, 참조집단변화, 항만순위, 자료포괄분석(DEA), 국내항만, 효율성

**Abstract** : The purpose of this paper is to show a way for measuring the rankings of efficient seaports in Korea by using DEA(data envelopment analysis) and model suggested by Jahanshahloo et al(2006). Two inputs(birthing capacity, and cargo handling capacity) and three outputs(export cargo handling amount, import cargo handling amount, and number of ship calls), and one cross sectional data(2004) for 26 Korean seaports are considered for measuring the efficiencies. An empirical main result indicates that ranking order of efficient seaports are Okpo, Samcheok Ulsan, Daesan, Busan, Gohyun Ports. Samcheok Port is classified as the most strong efficient port among 16 general ports except 10 container ports. The Korean seaport authority can adopt the new measurement way introduced in this paper for measuring the exact ranking order of efficient seaports when it decides the development and investment to each efficient seaport

**Key words** : Efficient seaports, Changing reference set, Seaport ranking, DEA, Korean seaports, Efficiency

### 1. 서 론

최근 10년 동안에 비모수적(nonparametric)인 방법인 DEA(data envelopment analysis)모형을 이용하여 항만의 효율성을 측정하는 논문들이 많이 발표되고 있다. 그러한 논문들 중에서 항만의 경쟁력을 효율성에 의거하여 측정하는 논문들은 주로 DEA모형에 의거하여 효율성을 측정하고 그 순위에 의해서 항만들의 경쟁력을 측정하였다. 그러나 DEA모형에서 효율적인 항만들은 효율성 수치가 1인 항만들을 지칭하게 되는데, 그러한 항만들에 대한 정확한 순위를 결정하는 문제가 대두되었으며, 자연스럽게 순위를 결정하는 방법이 여러 학자들에 의해서 제안되었다.

그 동안 항만의 효율성 측정과 관련된 연구들은 각기 다른 투입요소 및 산출요소를 고려하여 II장에서 제시한 바와 같이 국내의적으로 다양하게 연구들이 이루어져 왔다. 그러나 항만의 효율성을 경쟁력과 연계시킨 연구는 오성동·박노경

(2001), 박노경(2003)을 제외하고는 국내적으로 거의 전무한 상황이다. 또한 효율적인 항만의 순위측정과 관련하여 참조집단의 제거와 남은 항만들의 효율성의 평균개념을 도입하여 효율적인 항만들의 순위를 결정하는 연구는 국내에서는 시도된 적이 없다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 사항들에 본 논문의 연구목적을 두고자 한다. 첫째, 2004년도 통계를 이용하여 국내 26개 항만들의 CCR모형의 효율성을 측정한다. 둘째, Jahanshahloo et al.(2007)이 최근에 소개한 방법을 도입하여 효율적인 항만들의 순위를 측정하는 방법을 보여 줌으로써 선행연구의 범위를 부분적으로 확장시키고자 한다. 셋째, 향후 항만 정책당국이나 항만의 경영관리자들이 항만의 경쟁력을 높이기 위한 정책입안 시 참고가 될 수 있도록 새로운 측정모형을 실험적으로 제시해 보고자 한다.

본 논문의 연구범위는, 첫째, 외국과 국내에서 선행된 DEA 기법을 이용한 효율성에 대한 기존연구들의 방향을 간략하게

† 교신저자 : 박노경(정회원), nkpark@chosun.ac.kr 011-646-6821

소개한다. 둘째, 2004년도 국내 26개 항만들을 대상으로 2개의 투입변수(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출변수(수출화물처리량, 수입화물처리량, 입출항척수)가 있는 경우를 대상으로 DEA모형에 의거하여 효율성을 측정한다. 셋째, 그러한 효율성 측정결과 효율적인 항만들의 순위를 Jahanshahloo *et al.*(2007)의 방법을 적용하여 결정한다. 넷째, 정책적인 함의를 제시하는 것으로 한정한다.

본 논문의 구성은 1장은 서론, 2장은 항만의 효율성에 대한 기존연구들의 방향을 국내와 국외연구를 통해서 간략하게 제시하며, 3장에서는 본 연구에서 제시하는 DEA모형을 제시한다. 4장에서는 26개 국내항만에 대한 효율성을 CCR모형을 통해서 측정하고 효율적인 항만들을 제거하는 방법을 통해서 효율적인 항만들의 순위를 결정한다. 또한 실증분석결과를 중심으로 정책적인 함의를 제시하며, 5장에서는 결론이 제시된다.

## 2. 선행연구에 대한 검토

본 장에서는 DEA기법을 이용하여 항만들의 효율성과 경쟁력을 측정한 국내연구를 간단하게 소개하는 한편, DMU (Decision Making Unit, 의사결정단위, 본 논문에서는 개별항만을 지칭함)의 순위를 결정하는 국외연구의 방향에 대한 소개도 함께 하고자 한다.

국내에서는 송재영 외(2005), 류동근(2005), 이선용 외(2004), 오성동 외(2001)의 연구가 있다. 기타 RCC/RSC별 운영효율성을 측정한 금중수 외(2005)의 연구, 글로벌선사의 운영성과 측정을 위한 항로의 효율성을 분석한 신창훈 외(2005)의 연구가 DEA기법을 이용하였다.(박, 2006).

항만 및 컨테이너항만의 효율성을 DEA기법으로 측정한 외국에서의 연구는 Cullinane *et al.*(2002), Roll and Hayuth(1993), Tongzon(2001), Cullinane, Wang, Song and Ji(2006)의 연구가 있다.

DEA기법에 의한 순위를 경쟁력과 연계시킨 연구는 국내에서는 오성동·박노경(2003)이 전일수 외(1993)의 자료를 이용하여 컨테이너항만의 경쟁력관계를 순위 면에서 측정하였으며 DEA분석과 주성분분석의 결과를 스피어만과 켄달의 타우를 이용하여 비교하였다. 국외에서는 Jahanshahloo(2007)이 효율적인 DMU에 대해서 순위를 정하는 방법을 Hibiki and Sueyoshi(1999)의 연구에 의거하여 효율적인 참조집단을 제거하고 나머지 DMU들의 효율성의 평균값을 구한 후에, 다른 DMU들의 평균값과 비교하는 방법으로 효율적인 참조집단들의 순위를 결정하는 방법을 새롭게 보여 주었다.

요컨대, DEA기법을 이용한 국내와 국외연구들은 주로 세계주요항만들, 부산항, 광양항을 대상으로 상이한 투입요소와 산출요소를 이용하여 효율성을 비교분석하거나, 경쟁력을 순위 면에서 비교하는데 그치고 있다. 따라서 효율적인 항만들의 순위를 결정하는 문제는 다루지 못한 한계점을 가지고 있다. 즉, 국내의 어떠한 선행연구도 Jahanshahloo *et al.*(2007)가 제안한 방법을 통해서 효율적인 항만들의 순위를 결정하는

연구를 시도하지 못했다.

## 3. DEA에 관한 이론적 접근

### 3.1 DEA에 관한 이론적 접근

DEA모형은 많은 연구에 의해 다양한 형태로 제시되었으나, 가장 많이 활용되는 모형으로는 Charnes, Cooper and Rhodes (1978)의 CCR 모형과 Banker, Charnes and Cooper (1984)의 BCC 모형을 들 수 있다.(박, 2006). CCR모형은 DEA 분석의 기본모형으로 모든 의사결정단위들은 각각의 투입물 가중합계에 대한 산출물 가중합계의 비율이 1을 초과해서는 안되며, 각 투입요소와 산출요소의 가중치들은 0보다 크다는 (즉, 모든 투입요소와 산출요소를 고려한다는) 단순한 제약조건하에 평가의 대상이 되는 의사결정단위의 투입물 가중합계에 대한 산출물 가중합계의 비율을 최대화시키고자 하는 선형분수계획모형(fractional linear programming model)이다. 그러나 CCR 모형은 각 의사결정단위의 규모 수익이 불변이라는 가정 하에 효율성을 평가하는 단점을 갖고 있다. BCC 모형은 규모수익이 가변적인 경우를 다루는 모형으로 각 의사결정단위의 전반적 효율성을, 규모의 효율성과 순수한 기술적 효율성으로 구분할 수 있도록 한다.(류, 2005).

### 3.2 DEA기법을 이용한 효율적인 항만들의 순위결정방법의 필요성

본 연구의 핵심은 국내 기존연구들에서 다루지 못했던 효율적인 항만들의 순위를 정확하게 파악하는데 있다. 위와 같은 연구는 20개의 은행지점을 대상으로 3개의 투입변수와 3개의 산출변수가 있는 모형을 시험적으로 사용한 Jahanshahloo *et al.*(2007)에 의해서 처음으로 시도되었다. 이러한 연구의 필요성은 투입지향적인 규모수확불변의 조건하에서 시행되는 DEA분석에서 효율성 수치가 1인(순위가 모두 1위가 되며, 정확한 순위를 결정할 수 없음) 항만들의 순위를 결정하고 그것에 근거하여 국제경쟁력을 분석하는 연구에서는 필수적인 부분이다.

## 4. 실증분석 및 해석

### 4.1 DEA 효율성 측정을 위한 모형

CCR모형에서 강형의 효율성 수치를 갖는 항만을 SE(강형 효율성, Strong Efficient)항만이라고 칭한다(Jahanshahloo *et al.*, 2007). 본 모형의 핵심은 SE항만이 모든 다른 항만들의 참조집단에서 제외되었을 때, 원래의 효율성 측정 시에 비효율적인 항만으로 분류되었던 항만들에 더 근접 할수록 가장 SE항만이 된다는 점이다. 강형효율적인 항만들에 대한 이해를 돕기 위해서 Table 1에 그 예를 제시하였다.(Cooper *et al.*, 2000)

Table 1 The Example DEA Models for Defining Strong Efficient Seaports

DMU		A	B	C	D	E	F	G
투입	x1	4	7	8	4	2	10	3
	x2	3	3	1	2	4	1	7
산출	y1	1	1	1	1	1	1	1

Table 1을 이용하여 효율성을 측정해 보면 C, D, E, F가 효율적으로 나타난다. 단, F는 참조집단이 없이 겨우 효율적이 되었다. 영향력을 살펴보기 위해서 차례로 제거를 해 보면서 다른 DMU들에 미치는 영향을 살펴보면 E를 제거하게 되면 C,D,F,G가 효율적으로 나타난다. 비효율적인 G가 효율적으로 변화하였으므로 DMU E가 가장 영향력이 큰 강형의 DMU가 된다.

본 연구의 접근을 수행하기 위해서 non-SE항만들은 다음과 같은 모형으로 재평가 되어야만 한다.

$$\begin{aligned} \min \theta_{a,b} &= \theta - \epsilon \left( \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \text{s.t.} & \\ - \sum_{j \in J-\{b\}} \lambda_j x_{ij} + \theta x_{ia} - s_i^- &= 0, \quad i = 1, \dots, m, \\ \sum_{j \in J-\{b\}} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{ra}, \quad r = 1, \dots, s, \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j \in J-\{b\}, \\ s_r^+ &\geq 0, \quad r = 1, \dots, s, \\ s_i^- &\geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \\ \theta &\text{ free} \end{aligned} \quad (1)$$

단, J는 DMU, n는 DMU의 숫자, m은 투입물의 숫자, s은 산출물의 숫자,  $\theta$ 는 DMU의 효율성,  $\lambda$ 는 참조집합들의 선형 결합비율을 나타내는 밀도변수,  $\epsilon$ 는 일반적으로 10의 -6승의 작은 값을 갖는 비아르키메디안(non-archimedean)상수,  $s^+$ 는 산출물의 여유변수,  $s^-$ 는 투입물의 여유변수를 의미한다.  $J = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $a \in J_n$ ,  $b \in J_e$ ,  $J_n$ 는 비강형 항만들의 집합이며,  $J_e$ 는 강형 항만들의 조합이다. 모든 비강형 항만들에 대한 효율성측정치  $\theta$ 를 계산하게 되면, 강형 항만들의 효율성은  $\Omega$ 으로 표기 할 수 있으며, 다음 식 (2)로 표시 할 수 있다.

$$\Omega_b = \frac{\sum_{a \in J_n} \theta_{a,b}}{n} \quad (2)$$

단, b는 재평가된 강형 항만이며  $\tilde{n}$ 는 비강형 항만들의 숫자이다. 수식(1)은 쌍대모형식으로 변환될 수 있다.

#### 4.2 DEA 효율성 측정에 사용된 자료

본 연구에서는 자료의 객관성과 일치성을 높이기 위해서 한국해양수산부가 발행하는 『해양수산통계연보』의 통계자료를 이용하였다. DEA효율성 수치를 측정하기 위해서 투입변수는 집안능력(X1)[재화중량톤(DWT:dead weight tonnage;선박에 화물 등을 실을 수 있는 최대의 중량톤수)]과 하역능력(X2)이며, 산출변수는 수출화물처리량(Y1)[화물톤수를 화물의 운임 등에 적용하는 톤수인 R/T(revenue ton)], 수입화물처리량(Y2), 입출항 척수(Y3)로 하였다.

대상항만은 국내무역항만 중에서 26개항[분석대상기간 동안 통계수치가 전부 있는 항만들]이며, 분석대상기간은 2004년으로 하였다. 그러나 본 연구에서 선택한 투입 및 산출변수와 대상항만, 분석대상기간은 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 입출항척수의 경우 선박의 규모(선박의 톤수)는 고려하지 못하고 있다. 왜냐하면 동일한 입출항척수라 하더라도 부산항과 기타 소규모 항만들과는 그 의미가 다르기 때문이다. 둘째, 분석대상기간도 특정 시점 사이에 갑작스런 시설확장(터미널개장)으로 인한 변수들의 변화를 인식하지 못하는 단점을 가지고 있다. 셋째, 분석대상인 국내 26개 항만은 항만의 기능면에서 동질성을 가지지만 세부적으로 살펴보면 항만별 처리화물 종류가 다르고 그 역할이 다르기 때문에 동질성 측면에서 다소 부족하다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구의 기본 목적이 DEA분석에서 효율적인 참조집단의 순위를 결정하는 방법을 보여주는 데 있으므로 자료의 제약에 따른 문제점은 어느 정도 극복 할 수 있을 것으로 판단된다(박, 2006).

Table 2 Data for CCR Efficiencies of 26 Korean Seaports in 2004

항만/요소	투입요소		산출요소		
	집안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	2071	65223	17268	98119	40414
평택	670	14745	10719	30508	11094
대산	941	5402	12222	28940	9260
보령	200	10680	11	10072	935
장항	28	1486	1	1116	1134
군산	472	10536	5784	10776	8502
목포	368	7205	1016	5245	6952
완도	33	817	30	256	2117
여수	33	3017	788	888	11024
광양	3082	103593	52653	120229	18598
제주	78	3213	163	2141	5664
서귀포	14	728	235	195	1450
삼천포	273	19166	913	19296	3357
통영	13	620	1	179	3458
고현	7	856	102	2071	6265
옥포	6	454	58	1323	4076
마산	386	15411	4576	7945	16070
진해	85	1793	88	790	1179
부산	1776	121842	115627	104132	97329

울산	3189	28731	62811	98348	37368
포항	1190	44452	8771	47525	3200
삼척	26	7287	6312	380	2431
동해	526	23035	14445	5451	7284
목호	40	6388	1958	282	4062
옥계	95	4914	4375	1504	2090
속초	38	1150	76	85	1042

4.3 DEA효율성측정 결과

Table 3에는 투입지향-규모수확불변조건하의 효율성 측정 결과를 제시하였다.

Table 3 Input-Oriented CCR Efficiencies

항만/항목	효율성 수치	벤치마크항만
인천	0.50323	옥포:57.86, 부산:0.003, 울산:0.216
평택	0.76480	옥포:12.19, 부산:0.017, 울산:0.128
대산	1.00000	대산:1.0
보령	0.31459	대산:0.021, 옥포:7.147
장항	0.25038	대산:0.002, 옥포:0.791
군산	0.47698	옥포:2.559, 부산:0.019, 울산:0.055
목포	0.21152	대산:0.058, 옥포:2.504, 울산:0.003
완도	0.28862	옥포:0.519,
여수	0.62912	옥포:2.642, 울산:0.001, 삼척:0.093
광양	0.58616	옥포:46.023, 부산:0.246, 울산:0.343
제주	0.21621	대산:0.009, 옥포:1.425
서귀포	0.47214	옥포:0.331, 울산:0.001, 삼척:0.0222
삼천포	0.34365	대산:0.008, 옥포:14.415
통영	0.62608	옥포:0.855,
고현	1.00000	고현:1.0
옥포	1.00000	옥포:1.0
마산	0.33971	옥포:3.382, 부산:0.004, 울산:0.030, 삼척:0.325
진해	0.12834	대산:0.009, 옥포:0.399
부산	1.00000	부산:1.0
울산	1.00000	울산:1.0
포항	0.38988	옥포:28.466, 부산:0.017, 울산:0.083
삼척	1.00000	삼척:1.0
동해	0.57099	옥포:0.158, 울산:0.082, 삼척:1.472
목호	0.39587	옥포:0.813, 울산:0.001, 삼척:0.292
옥계	0.84234	옥포:0.031, 울산:0.021, 삼척:0.483
속초	0.12189	대산:0.000, 옥포:0.247, 울산:0.001

Table 3에서 다음과 같은 사실에 주목할 필요가 있다.

첫째, 본 효율성 분석의 첫 번째 목표인 효율적인 항만의 적출과 관련하여 살펴보면, 효율성 수치가 1인 효율적인 항만들은 대산항, 고현항, 옥포항, 부산항, 울산항, 삼척항 등 6개 항만으로 나타났다.

둘째, 투입지향-규모수확불변조건하의 CCR 효율성 수치가 1인 효율적인 항만들의 순위는 결정할 수 없었다.

4.4 효율적인 항만들을 순차적으로 제거한 후의 효율성측정 결과

Table 4 Efficiency Results after Changing the Reference DMUs in Order

항만	CCR 효율성 수치	옥포항 제거후 효율성 수치	항만	삼척항 제거후 효율성 수치	항만	울산항 제거후 효율성 수치
인천	0.50323	0.54375	인천	0.50323	인천	0.52608
평택	0.76480	0.78283	평택	0.76480	평택	0.81636
보령	0.31459	0.36187	보령	0.31459	보령	0.31459
장항	0.25038	0.28795	장항	0.25038	장항	0.25038
군산	0.47698	0.48232	군산	0.47698	군산	0.50832
목포	0.21152	0.22903	목포	0.21152	목포	0.21352
완도	0.28862	0.35404	완도	0.28862	완도	0.28862
여수	0.62912	0.68202	여수	0.67194	여수	0.63033
광양	0.58616	0.59803	광양	0.58616	광양	0.60950
제주	0.21621	0.25423	제주	0.21621	제주	0.21621
서귀포	0.47214	0.49689	서귀포	0.47577	서귀포	0.48633
삼천포	0.34365	0.39845	삼천포	0.34365	삼천포	0.34365
통영	0.62608	0.76800	통영	0.62608	통영	0.62608
마산	0.33971	0.35062	마산	0.34214	마산	0.35719
진해	0.12834	0.14151	진해	0.12834	진해	0.12834
포항	0.38988	0.40920	포항	0.38988	포항	0.40349
동해	0.57099	0.57135	동해	0.59442	동해	0.61278
목호	0.39587	0.40406	목호	0.80492	목호	0.39669
옥계	0.84234	0.84268	옥계	0.88148	옥계	0.89485
속초	0.12189	0.14179	속초	0.12189	속초	0.13082
Ω		0.45503	Ω	0.44965	Ω	0.43771

항만	CCR 효율성 수치	대산항 제거후 효율성 수치	항만	부산항 제거후 효율성 수치	항만	고현항 제거후 효율성 수치
인천	0.50323	0.50323	인천	0.50357	인천	0.50323
평택	0.76480	0.76480	평택	0.77243	평택	0.76480
보령	0.31459	0.32047	보령	0.31459	보령	0.31459
장항	0.25038	0.25515	장항	0.25038	장항	0.25038
군산	0.47698	0.47698	군산	0.48888	군산	0.47698
목포	0.21152	0.23399	목포	0.21152	목포	0.21152
완도	0.28862	0.28862	완도	0.28862	완도	0.28862
여수	0.62912	0.62912	여수	0.62912	여수	0.62912
광양	0.58616	0.58616	광양	0.60582	광양	0.58616
제주	0.21621	0.22424	제주	0.21621	제주	0.21621
서귀포	0.47214	0.47214	서귀포	0.47214	서귀포	0.47214
삼천포	0.34365	0.34485	삼천포	0.34365	삼천포	0.34365
통영	0.62608	0.62608	통영	0.62608	통영	0.62608
마산	0.33971	0.33971	마산	0.34193	마산	0.33971
진해	0.12834	0.14249	진해	0.12834	진해	0.12834
포항	0.38988	0.38988	포항	0.39314	포항	0.38988
동해	0.57099	0.57099	동해	0.57099	동해	0.57099

목호	0.39587	0.39587	목호	0.39587	목호	0.39587
옥계	0.84234	0.84234	옥계	0.84234	옥계	0.84234
속초	0.12189	0.12191	속초	0.12189	속초	0.12189
Ω		0.42645	Ω	0.42587	Ω	0.42362

Table 4는 다음과 같이 계산한 결과를 제시한 표이다. 첫째, 효율적인 항만들을 포함하여 전체적인 CCR효율성을 측정 한 결과는 두 번째 열에 제시하였다. 둘째, 효율적인 항만으로 나타난 옥포, 대산, 고현, 부산, 삼척, 울산항들을 차례로 한 항만씩 제거하고 효율성을 측정하였다. 셋째, 차례로 나타난 효율성 수치에서 제거되지 않은 나머지 효율적인 항만들의 효율성 수치를 제거하였다. 넷째, 남은 20개 항만들의 효율성 수치의 합을 구하고 합산된 값을 20으로 나눈 값을 Ω으로 표시하였다.

Table 4를 통해서 다음과 같은 두 가지 사실을 알 수 있다.

첫째, 효율성이 1인 효율적인 항만들을 순차적(대산항, 고현항, 옥포항, 부산항, 울산항, 삼척항)으로 제거한 후의 효율성 측정결과와 Ω값을 계산하여 그 순위에 의거하여 차례로 제시하였다. 효율적인 항만들의 순위를 확인해 보면 옥포항(Ω값:0.45503), 삼척항(Ω값:0.44965), 울산항(Ω값:0.43771), 대산항(Ω값:0.42645), 부산항(Ω값:0.42587), 고현항(Ω값:0.42362)의 순서로 나타났다.

둘째, 효율성이 1인 효율적인 항만들의 영향력이 거의 비슷하여 순차적으로 제거된 후의 기타 항만에 미친 영향도 비슷하게 나타났다. 왜냐하면, 첫째에서 제시한 Ω값이 0.456 이하에서 0.42 이상의 사이를 보임으로써 큰 편차를 보이고 있지 않기 때문이다.

셋째, 26개 항만을 분석한 결과 가장 강력한 효율적인 항만을 구별하지 못해서 특성별(컨테이너항만과 일반항만)로 나누어서 분석하고자 하였으나 컨테이너항만은 그 항만의 숫자가 적어서 일반항만 들(16개)을 대상으로 실시한 결과 대산항 제거 시(Ω값:0.540004)와 삼척항 제거 시(Ω값:0.55574)에 비효율적인 옥계항을 효율적으로 만들었다. 특히 Ω값이 더 큰 삼척항이 일반 항만들 중에서는 가장 강력한 항만으로 나타났다.

#### 4.5 정책적 함의

지금까지 제시한 내용을 중심으로 하여 주요한 정책적 함의를 두 가지 제시하면 다음과 같다.

첫째, Table 3에서 벤치마크 항만으로서 출현한 횟수를 살펴보면 옥포항(21회: 1순위출현:14회, 2순위 출현:7회), 대산항(8회: 1순위 출현:8회), 고현항(단 1회출현), 부산항(7회: 1순위 출현:1회, 2순위 출현:6회), 삼척항(7회: 첫출현:1회, 3 순위 출현:5회, 4순위 출현:1회), 울산항(14회: 1순위 출현:1회, 2순위 출현:5회, 3순위 출현:8회)으로 나타나서, 옥포, 울산, 대산, 부산, 삼척, 고현항의 순위를 보이고 있어서 삼척항을 제외하고는 본 논문의 측정결과와 유사한 결과를 보이고 있다. 따라서 항만정책당국자는 차후의 항만개발과 투자에 본 논문의 측정

방법(다른 항만들과 유사한 투입-산출물 구조를 갖고 있으면서 다른 항만들에 비해서 효율적인 항만들인 벤치마크항만으로의 출현횟수도 고려해 볼 필요가 있음)을 도입해야만 하고, 또한 벤치마크항만과 피벤치마크항만들과의 관계도 고려를 하여 적절한 투자방법을 시행해야만 한다. 그와 같은 좋은 예를 인천항의 경우에서 살펴 볼 수 있다. 즉, 인천항은 50.32%의 매우 낮은 효율성을 보이고 있지만 여전히 항만확장계획을 진행하고 있다. 즉, 본 논문의 분석(투입지향 CCR모형)에 의하면 인천항은 효율성을 높이기 위해서 투입요소인 접안능력과 하역능력을 줄여야만 함에도 불구하고 계속 확장을 하고 있는 현실적인 모순에 직면하게 된다. 그러나 인천항이 효율적이 되려면 벤치마크항만인 옥포항(57.86%), 울산항(21.6%)의 투입구조를 분석하여 어느 정도의 투입량이 산출량에 비해서 인천항에 적정한지를 파악하여 항만확장계획도 과학적으로 시행해 나가야만 한다.

둘째, 본 논문의 핵심은 효율적인 항만들의 순위를 새로운 측정방법으로 밝혀내었다. 따라서 항만정책당국은 효율적인 항만들에 대한 지원을 하는 경우에 있어서 효율성 순위에 따라서 차별화된 지원정책을 시행함으로써 효율적인 항만이 더욱 효율적인 항만이 될 수 있는 정책적인 유인동기를 마련해야만 한다.

### 5. 결 론

지금까지 본 논문에서는, 첫째, 외국과 국내에서 선행된 DEA기법을 이용한 효율성에 대한 기존연구들의 방향을 간략하게 소개하였으며, 둘째, Jahanshahloo et al(2007)가 새롭게 제안한 방법을 이용하여, 2004년도 국내 26개 항만들을 대상으로 2개의 투입변수(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출변수(수출화물처리량, 수입화물처리량, 입출항척수)가 있는 경우에 CCR효율성을 실증분석하고 효율성 수치가 1인 항만들에 대한 순위를 파악함으로써 기존연구들의 한계를 극복하였다.

실증분석의 핵심적인 결과는 다음과 같다.

첫째, CCR효율성수치에 의거하여 측정된 효율적인 항만들의 순위는 옥포항, 삼척항, 울산항, 대산항, 부산항, 고현항임을 밝혀내었다.

둘째, 효율적인 항만들의 영향력은 거의 비슷하였다. 왜냐하면 참조집단이 제거된 기타항만들의 평균효율성의 값(Ω)이 0.456이하에서 0.42이상의 사이를 보이고 있기 때문이다.

셋째, 가장 강력한 효율적인 항만은 10개의 컨테이너 항만을 제외한 16개 일반 항만들 중에서는 삼척항으로 나타났다.

본 논문에서 소개한 측정방법 및 결과는 본 주제에 대한 더욱 심도 있는 연구가 진행되어야만 하지만, 원래의 CCR (1978) 모형을 부분적으로 확장시켰으며, Anderson and Petersen(1993)과 Mehrabian, Alirezace, and Jahanshahloo (1999)의 연구보다 더 의미 있는 연구라고 판단된다( Jahanshahloo et al., 2007).

참 고 문 헌

- [1] 김종수·장운재(2005), "RCC/RSC별 운영효율성 분석", 한국항해항만학회지, 제29권 제3호, pp.215-220.
- [2] 류동근(2005), "부산항과 광양항 컨테이너 터미널 운영의 효율성 비교 분석에 관한 연구", 한국항해항만학회지 제 29권 제10호, pp.921-926.
- [3] 박노경(2007), "참조집단의 변화를 통한 효율적인 항만의 순위측정방법:DEA접근", 한국항해항만학회 2007 춘계학술대회발표논문집, pp.351-356.
- [4] 박노경(2006), "DEA와 PCA에 의한 항만의 핵심 투입-산출변수의 추출방법", 한국항해항만학회지, 제30권 제10호, pp.793-800.
- [5] 박노경(2003), "주성분분석을 이용한 컨테이너 항만의 경쟁력 측정방법", 해운물류:이론과 실천 제6호, pp.5-28.
- [6] 송재영·신창훈(2005), "DEA모형을 이용한 세계 주요항만의 효율성 평가", 한국항해항만학회지, 제29권 제3호, pp.195-201.
- [7] 신창훈·최민승·송재영(2005), "글로벌선사의 운영성과 향상을 위한 항로의 효율성 분석", 한국항해항만학회지 제29권 제6호, pp.495-500.
- [8] 오성동·박노경(2001), "컨테이너항만의 국제경쟁력 분석 방법: DEA접근", 한국항만경제학회지, 제17권 1호, pp.27-52.
- [9] 이선용외 4인(2004), "DEA기법을 활용한 컨테이너터미널 생산성 측정에 관한 연구", 한국항해항만학회지, 제28권 제2호, pp.331-336.
- [10] 전일수의 3인(1993), "우리나라 컨테이너 항만의 국제경쟁력 제고방안에 관한 연구", 해운산업연구원 정책자료 090.
- [11] Andersen, P. and Petersen, N. C. (1993), "A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis," Management Science, Vol.39, pp.1261-1264.
- [12] Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," Management Sciences, Vol.30, pp.1078-1092.
- [13] Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E.(1978)," Measuring the Efficiency of Decision Making Units," European Journal of Operational Research, Vol.2, pp.429-444.
- [14] Cooper, W. W., Seiford, L. M., and Tone, K.(2000), "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software," Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [15] 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," Transportation Research Part A, Vol.36, No.8, pp.743-762.
- [16] Cullinane, K., Wang, T. F., Song, D. W. and Ji, P. (2006), "The Technical Efficiency of Container Ports: Comparing Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis," Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol.40, pp.354-374.
- [17] Hibiki, N. and Sueyoshi, T. (1999), "DEA Sensitivity Analysis by Changing a Reference Set: Regional Contribution to Japanese Industrial Development," Omega, Vol.27,pp.139-153.
- [18] Jahanshahloo, G. R., Junior, H. V., Lotfi, F. H. and Akbarian, D. (2007), " A New DEA Ranking System Based on Changing the Reference Set," European Journal of Operational Research, Vol.181, pp.331-337.
- [19] Mehrabian, S., Alirezaee, M. R., and Jahanshahloo, G. R. (1999), "A Complete Efficiency Ranking of Decision Making Units in Data Envelopment Analysis," Computational Optimization and Applications, Vol.14, pp.261-266.
- [20] Roll, Y. and Hayuth, Y. (1993), "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)," Maritime Policy and Management, Vol.20, pp.153-161.
- [21] Tongzon, J., (2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis," Transportation Research, Part A, Vol.35, pp.113-128.

원고접수일 : 2007년 4월 6일

원고채택일 : 2007년 6월 15일