

DEA 모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가

송재영*, 신창훈**

*한국해양대학교 대학원, **한국해양대학교 물류시스템공학과 부교수

An Empirical Study on the Efficiency of Major Container Ports With DEA Model

*Jae young Song, **ChangHoon Sin

*Dept of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Dept of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 부산항은 동북아시아의 급속한 성장과 더불어 지속적인 성장을 해오고 있으며, 향후 이러한 지속적인 성장을 유지하기 위해 정부의 집중 투자 및 정책 지원이 이루어지고 있다. 본 연구는 부산항을 포함한 세계 주요 컨테이너 항만들의 효율성을 DEA(Data Envelopment Analysis)모형을 통해 상대적으로 분석함으로써, 부산항의 현재 위치와 더 효율적인 항만이 되기 위해 Benchmarking 해야 할 대상을 구체화 할 것이다. 또한, 본 연구에서는 일정시점의 효율성 분석이 아닌 1995년~2001년까지 7개년 동안의 효율성을 시계열적으로 분석함으로써 각 항만의 효율성 변화를 살펴볼 것이며 이를 통해서 보다 유효한 효율성 분석 결과를 제시하고자 한다.

핵심용어 : 효율성, 의사결정단위, 자료포괄분석, 컨테이너 항만

ABSTRACT : This study aims to implement an empirical research about the efficiency of container Ports, and to suggest an effective strategy which can operate container Ports more well. This paper presents a new approach to the measurement of efficiency. Data envelopment analysis(DEA), as it is called, has particular applicability in the service sector. This study applies DEA to provide an efficiency measurement for fifty three container ports including Pusan Port. As a result, we suggest several ideas that can improve the efficiency of container terminals. They are as follows. Firstly, we discriminate between efficient and inefficient container ports and then present a method that can move to efficiency container terminal and a benchmarking port. Secondly, we evaluate the efficiency of Pusan port, and grasp the position at the present time, suggest an advanced direction in future.

KEY WORDS : DEA(Data Envelopment Analysis), Efficiency, DMU(Decision Making Unit), Container Ports

1. 서 론

부산항은 국내 수·출입 물동량의 90%이상을 처리하는 국내 최대의 항만으로서, 전세계적으로 처리물량에 있어 상위에서 Rank되고 있는 대형항만이다. 부산항의 물동량은 동북아시아의 성장과 더불어 지속적인 증가를 해왔으며, 주변 항만들과 치열한 경쟁을 해오고 있다. 이에 부산항은 급증하는 처리물량을 처리하기 위해 시설확충에 집중 투자하고 있으며, 정부의 동북아시아 중심 국가 건설의 정책과제의 가장 중요한 핵심 부분으로 여겨지고 있다. 부산항이 동북아시아의 물류 Hub항만으로서의 역할을 수행하기 위해서는 시설확충 뿐 아니라, 항만의 효율성(생산성)을 극대화 하는 것이 무엇보다도 중요한 과

제이며 경쟁항만과의 치열한 경쟁에서 우위적인 입지를 굳히기 위해서는 현재의 부산항의 경쟁위치와 더불어 적절한 Benchmarking 대상을 선정하는 것이 절실히 요구된다.

본 연구는 부산항과 세계 주요 항만의 효율성을 상대적으로 비교함으로써, 부산항의 현재의 효율성과 경쟁 항만 및 세계 주요 항만의 효율성을 비교하고자 한다. 또한, 효율성을 일정시점이 아닌 1995년~2001년 동안의 각 년도의 상대적 효율성을 측정함으로써, 각 항만의 효율성의 변화를 살펴보았다. 이를 통해서 동북아 물류 Hub항의 실현이 가능한 부산항의 시설능력을 갖추기 위해 Benchmarking하여야 할 대상을 구체적으로 선정할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 효율성을 측정하기 위해 자료포괄분석(Data Envelopment Analysis) 모형을 이용하여 각 항만의 효율성 분석을 실시하였다. DEA를 이용하여 효율성 분석을 하는 이유

* 비회원, eversky@hhu.ac.kr 051)410-4930

** 정회원, chshin@hhu.ac.kr 051)410-4333

는 선석당 생산성, 크레인 생산성 등의 일률적인 평가 기준에 의해 항만의 효율성을 평가한 기존연구와는 달리 항만에 투입되는 다수의 투입물과 산출물과의 관계를 통해 상대적인 효율성을 평가함으로써, 항만전체적인 시각으로 효율성을 분석할 수 있는 방법이기 때문이다.

2. DEA의 개념 고찰

2.1. DEA의 일반개념

Charnes, Cooper & Rhodes(1978)에 의해 최초로 제시된 Data Envelopment Analysis(이하 DEA)모형은 다수의 투입물(multiple inputs)과 다수의 산출물(multiple outputs)의 가중된 크기를 비교하여 조직의 생산성을 측정하는 비모수적 모형이다. Decision Making Units(이하 DMU)라고 불리어지는 동일한 운영활동을 수행하는 조직들간의 효율성을 평가한다.

DEA는 통계학적으로 회귀분석법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수를 추정하는 것이 아니고, 선형계획법(Linear Programming)에 근거한다. 일반적으로 생산 가능 집합에 적용되는 몇 가지의 기준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 효율적 프론티어(frontier)를 도출한다. 이를 통해 각 DMU를 효율적인 대상과 비효율적인 대상으로 구분한 후 비효율적인 대상들이 효율성 프론티어 상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성 정도를 측정하는 방법이다. DEA 분석 결과 효율성 지수가 1인 DMU들을 효율적인 DMU로 평가하고 1 이하의 지수를 갖는 DMU들을 비효율적인 것으로 평가한다. DEA모형은 일반적으로 다수의 투입요소와 산출요소가 존재하고 투입과 산출의 명확한 관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 DMU들 간의 상대적 효율성을 평가하기 위해 개발된 이래 은행지점의 영업성과 평가(Schaffnit, Rosen, & Paradi, 1997), R&D 프로젝트 평가(Oral, Ossama & Lang, 1991), 생산기술의 선택(Shang & Sueyoshi, 1995), 소프트웨어 개발팀의 평가(Parkan, Lam & Hang, 1997), 소매점의 효율성 평가(Rhonda, Richard & William & John, 1998) 등 수많은 분야에 걸쳐 상대적 효율성 평가방법으로서 응용되어 왔다.

DEA 모형의 특성 및 이점은 다음과 같이 요약할 수 있다. (Naveen, Yoo, 1998)

- DEA모형은 투입요소와 산출요소를 모두 사용할 수 있다.
- DEA 모형은 다수의 투입요소와 다수의 산출요소에 적합한 분석 방법이다.
- DEA 모형은 통제 가능한 요소와 통제 불가능한 요소 양자에 걸쳐 적합한 분석 방법이다.
- DEA 모형은 생산성(효율성)의 한가지 지표(효율성 지수)를 산출결과로 나타낸다.
- DEA 모형은 비교 대상인 DMU들 중에서 가장 효율적인 DMU를 기준으로 비효율적인 DMU를 평가하는 상대적 측정 방법이다.

- DEA 모형은 모든 투입, 산출 요소 간의 관계를 하나의 함수 형태로 의존하지 않는다.

DEA모형의 기본 개념은 Fig. 1과 같이 투입요소 1개, 산출요소 2개인 경우의 예를 들어 설명할 수 있는데, 최적의 활동을 하고 있는 효율적인 DMU들(C,D,G,H)을 이은 선을 Frontier Line이라하고, 이 선에서 떨어져 있는 DMU들(A,B,E,F)은 비효율적인 DMU들로 구분한다. Fig. 1의 비효율적인 A DMU가 효율적인 DMU로 평가되기 위해서는 Frontier Line 상에 가장 가까운 곳에 위치한 C,D지점(이를 참조집합이라함)을 이용해서 P지점으로 이동하기 위한 값을 구할 수 있다.

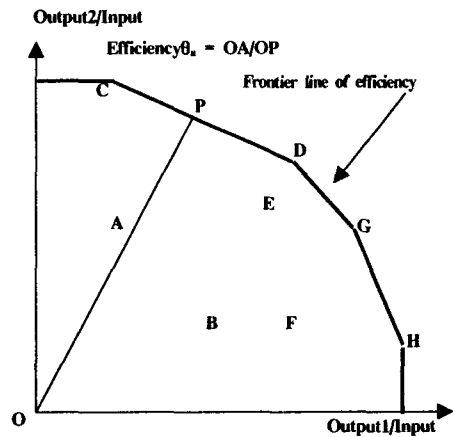


Fig. 1 Basic Concept of DEA Model

2.2. DEA 모형의 전개

DEA모형은 일반적으로 다수의 투입요소와 산출요소가 존재하고 투입과 산출에 대한 비용과 가격요소가 명확하게 규명되기 어려운 조직에 적용이 되며 다수의 산출을 생산하기 위하여 다수의 투입요소를 사용하는 조직들의 효율성을 평가하기 위한 선형계획기법(Linear Programming Technique)이다.

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)은 각각의 DMU가 각기 다른 가중치를 가질 수 있는 선형 계획식에 기반을 둔 식(1)과 같은 CCR모형을 개발하였다. (식1)을 선형계획모형(Linear Programming)의 형태로 변환하면 (식2)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 가중치 u_r 과 v_i 는 분석을 위해 비아르키메디안 상수인 ϵ (일반적으로 DEA에서는 ϵ 를 10^{-6} 으로 설정)보다 큰 양수로 정의한다(Ali et all, 1993).

$$\begin{aligned} \text{MAX } h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^R u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{ij_0}} \\ \text{subject to} & \frac{\sum_{r=1}^R u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^M v_i x_{ij_0}} \leq 1, j=1, \dots, \\ & u_r, v_i \geq \epsilon, \forall r \text{ and } i \end{aligned} \quad \text{(식1)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MAX } h_0 &= \sum_{r=1}^l u_r y_{rj} \\
 \text{subject to} & \\
 \sum_{j=1}^m v_i x_{ij} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^l u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j=1, \dots, n, \\
 -u_r &\leq -\epsilon, \quad r=1, \dots, l, \\
 -v_i &\leq -\epsilon, \quad i=1, \dots, m.
 \end{aligned}
 \tag{식2}$$

DEA모형의 기본이 된 CCR모형은 각 DMU의 규모수익이 불변이라는 가정하에 효율성을 평가한다.

DEA모형은 연구목적에 따라 다양한 형태로 변형되어 사용되고 있으며, CCR모형이 가장 기본적인 모형으로 사용되어지고 있다.

2.2. DEA 분석에 사용된 변수 정의

DEA 모형을 이용한 효율성 평가는 다수의 투입, 산출변수를 모두 사용하여 객관적으로 상대적 효율성을 구할 수 있다. 본 연구에서는 부산항을 포함한 세계주요항만을 평가 대상으로 하였으며, 각 항만의 주요 변수 들 중 공통된 Input 변수 및 Output변수를 조사하여 분석에 사용하였다. 본 연구에서는 세계 60위권(2001년 기준) 컨테이너항만을 평가 대상으로 선정하였으며, 이중 data를 구할 수 없는 7개의 항만을 제외하고 총 53개의 컨테이너 항만이 분석에 사용되었다. 분석에 사용된 data는 2차 자료, 각 항만의 홍보자료 및 인터넷 사이트를 통해 수집되었으며, 2차 자료는 주로 Containerisation International Year Book(1996~2003)을 이용하였다. 컨테이너 항만의 투입 변수는 터미널의 필수 요소인 선석길이, 부두 총면적, G/C장비와 야드장비, CFS면적, 총 노동시간을 선정하였고, 산출요소는 총 처리물량(TEU)을 사용하였다. 또한 각 항만에 대해서 1995년부터 2001년 까지 6개년의 자료를 이용하였다.

- DEA 분석에 사용된 변수 및 변수정의

Input data

- V1 : Berth Length(m) - 터미널 선석 총길이
- V2 : Total Area(m²) - 터미널의 총면적
- V3 : G/C 장비 - Container Gantries, Quay Cranes, Floating Cranes, Mobile Cranes
- V4 : 야드 장비 - Straddle Carriers, Forklifts, Reachstackers, Top lifter
- V5 : Container Freight Stations Area(m²)
- V6 : 평균 작업시간(hours/day)

Output data

- U1 : 총 처리물량(TEU)

분석에 사용된 총 6개년의 자료 중 2001년도의 자료는 Table 1과 같다.

Table 1 Numerical example Input and Output data

항만	총처리물량 U1	선석길이 V1	총면적 V2	G/C장비 V3	야드장비 V4	CFS면적 V5	평균 작업 시간 V6
Hongkong	17,900,000	6,039	2,193,714	68	575	87,249	24.0
Singapore	15,520,000	10,925	2,979,211	88	450	973,723	24.0
Kaohsiung	7,540,324	5,232	2,074,000	41	57	67,603	24.0
Rotterdam	6,230,000	11,880	4,160,258	170	319	157,300	19.3
Pusan	8,072,814	4,347	2,472,726	39	162	347,605	24.0
Long Beach	4,452,971	7,235	2,943,000	40	54	21,439	23.9
Hamburg	4,688,669	7,873	3,315,000	60	280	423,000	24.0
Yokohama	2,303,780	4,530	1,407,601	35	113	733,562	15.9
Los Angeles	5,183,520	6,076	2,926,000	61	86	88,576	20.3
Antwerp	4,218,176	14,215	7,156,000	114	444	231,400	22.0
Tokyo	2,535,841	3,404	1,022,800	29	100	115,434	17.0
New York/New Jersey	3,316,273	7,563	5,249,612	49	385	920,000	24.0
Dubai	3,501,820	3,786	1,898,890	30	203	100,400	24.0
Keelung	1,815,854	3,192	3,380,000	25	32	29,000	24.0
Kobe	2,010,343	4,400	1,320,416	26	191	48,050	7.4
Shanghai	6,340,000	2,281	838,000	15	99	24,108	24.0
Manila	2,236,151	7,411	2,061,530	72	297	400,617	22.6
San Juan	1,830,125	1,688	294,200	6	2	21,800	24.0
Oakland	1,643,585	4,770	2,077,100	32	135	42,958	24.0
Seattle	1,315,109	4,422	1,741,814	26	78	80,000	23.0
Nagoya	1,872,272	3,370	1,035,000	38	81	347,400	24.0
Tanjung Priok	898,000	1,450	635,351	14	37	4,500	24.0
Port Klang	3,739,512	4,792	1,406,000	56	224	95,344	24.0
Columbo	1,726,605	1,889	262,000	53	71	17,430	22.0
Bangkok	1,039,180	3,217	480,000	22	344	217,000	24.0
Osaka	1,502,989	3,365	865,967	21	109	82,387	9.0
Virginia (Hamptonroads)	1,303,797	3,056	3,954,800	18	76	53,000	9.0
Charleston	1,528,034	3,103	2,138,000	27	120	1,535,000	24.0
Tacoma	1,320,274	2,174	882,000	23	205	30,336	9.0
Jacksonville	628,903	3,661	628,000	12	15	61,000	9.0
Le Havre	1,525,000	5,250	1,900,000	25	156	47,000	24.0
Durban	1,545,496	2,128	1,056,000	15	52	142,300	24.0
Melbourne	1,276,476	2,914	1,440,453	17	148	68,365	8.6
La Suezia	974,646	1,297	270,000	11	48	19,000	24.0
Montreal	989,427	3,570	754,000	26	61	44,215	24.0
Genoa	1,526,526	2,926	1,374,000	19	101	56,000	24.0
Tianjin	2,010,000	1,300	375,000	23	82	600,000	24.0
Laem Chabang	2,312,439	1,600	105,000	14	6	12,000	24.0
Qingdao	2,640,000	1,189	470,000	5	33	7,200	24.0
Southampton	728,936	1,337	675,840	12	63	32,375	24.0
Houston	983,451	1,325	779,000	13	17	3,110	24.0
Santos	1,050,000	1,020	419,000	17	46	58,000	24.0
Barcelona	1,411,054	4,066	1,238,198	39	135	104,000	24.0
Khor Fakkan	1,081,866	1,060	300,000	10	23	5,000	24.0
Valencia	1,400,000	2,940	1,719,000	20	84	16,000	24.0
Felixstowe	2,800,000	2,523	1,368,000	17	89	17,320	24.0
Gioia Tauro	2,488,332	3,011	950,000	17	63	20,000	24.0
Yantian	2,700,000	700	600,000	10	79	20,000	24.0
Taichung	1,100,000	1,390	740,000	7	50	214,000	24.0
Niemen	1,280,000	970	635,000	13	19	3,200	24.0
Marsaxlokk	1,163,070	2,140	484,000	16	39	20,000	24.0
Puerto Manzanillo	939,674	950	370,000	8	43	3,000	24.0
Dalian	1,210,000	1,173	507,243	5	54	43,000	24.0

3. DEA 실증분석

DEA모형을 적용함에 있어 1차적으로 중요한 문제는 변수 선정의 문제이며, 이의 결과에 따라서 전체적인 측정결과가 상이하게 산출될 수 있다. DEA모형은 변수 선정의 타당성이 사전적·사후적으로 검증될 수 없기 때문에 일반적으로 평가자의 주관적 개념에 전적으로 의지하는 경향이 있다. 본 연구에서 사용된 변수의 선정은 세계항만의 공통된 자료를 구하기 위해 세계적으로 인증된 Containerisation International Year Book의 자료를 기준으로 수집하였다.

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)에 의해 CCR 모형이 제시되었고, DEA 모형에 사용할 수 있는 투입, 산출변수의 수에

대해 Boussofiane et al(1991)은 DEA 모형을 이용하여 의사결정단위들을 효율적인 단위로 비효율적인 단위로 구분할 수 있는 최소한의 지표(비교 대상 DMU 수)로는 투입변수의 수와 산출변수의 수를 곱한 값이라고 하였고, Banker et al(1984)은 의사결정단위의 수가 투입요소와 산출요소의 합보다 최소한 세배 이상이 되어야 적절한 판별이 가능하다고 하였다.

기존 연구를 토대로, 본 연구에서 요구되는 최소한의 DMU 수는 $6(\text{투입변수}(6) \times \text{산출변수}(1)) = 6$ 또는 $21((\text{투입변수}(6) + \text{산출변수}(1)) \times 3 = 21)$ 이다. 본 연구에 사용된 평가대상인 항만은 53개(1995년~2001년 모두 해당)로서 기존 연구와 비교해 볼 때 무리가 없는 것으로 판단된다. 앞에서 선정된 각 투입, 산출변수에 대한 터미널별 Data를 이용하여 CCR모형에 의한 효율성 평가를 실시하였다. CCR 모형을 이용한 터미널에 대한 효율성 평가 분석결과는 Table 2와 같다.

Table 2 Estimation result of port efficiency

구분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
Hongkong	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Singapore	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Kaohsiung	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Rotterdam	0.845	0.871	0.841	0.893	0.804	0.719	0.542
Pusan	0.998	1.000	0.767	0.832	0.810	0.857	0.891
Long Beach	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.973
Hamburg	0.365	0.371	0.341	0.363	0.328	0.345	0.390
Yokohama	0.614	0.854	0.464	0.378	0.363	0.360	0.355
Los Angeles	0.520	0.558	0.551	0.571	0.584	0.730	0.725
Antwerp	0.312	0.349	0.349	0.368	0.370	0.382	0.286
Tokyo	0.575	0.596	0.540	0.482	0.543	0.526	0.440
New York/New Jersey	0.253	0.237	0.242	0.237	0.249	0.232	0.247
Dubai	0.628	0.643	0.539	0.326	0.475	0.396	0.384
Keelung	0.848	0.810	0.735	0.718	0.631	0.608	0.521
Kobe	0.414	0.639	0.480	0.482	0.449	0.433	0.264
Shanghai	0.486	0.588	0.575	0.817	1.000	1.000	1.000
Manila	0.227	0.259	0.231	0.181	0.194	0.189	0.192
San Juan	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Oakland	0.464	0.416	0.325	0.335	0.325	0.278	0.209
Seattle	0.597	0.531	0.420	0.406	0.372	0.271	0.198
Nagoya	0.439	0.425	0.343	0.314	0.304	0.336	0.303
Tanjung Priok	0.841	1.000	1.000	1.000	0.766	0.670	0.509
Port Klang	0.271	0.338	0.383	0.343	0.435	0.441	0.388
Colombo	0.777	0.949	1.000	0.966	0.764	0.623	0.515
Bangkok	0.519	0.416	0.335	0.326	0.250	0.224	0.215
Osaka	0.380	0.379	0.316	0.289	0.288	0.266	0.251
Virginia(Hamptonroads)	0.450	0.479	0.462	0.455	0.417	0.394	0.334
Charleston	0.141	0.259	0.248	0.250	0.260	0.242	0.210
Tacoma	0.536	0.541	0.512	0.474	0.468	0.475	0.214
Jacksonville	0.260	0.410	0.402	0.409	0.376	0.331	0.321
Le Havre	0.270	0.291	0.302	0.276	0.277	0.228	0.191
Durban	0.333	0.345	0.257	0.252	0.278	0.319	0.349
Melbourne	0.111	0.321	0.291	0.287	0.298	0.227	0.210
La Spezia	0.657	0.448	0.392	0.421	0.433	0.367	0.359
Montreal	0.273	0.315	0.290	0.263	0.264	0.218	0.195
Genoa	0.280	0.349	0.350	0.466	0.309	0.262	0.229
Tianjin	0.305	0.323	0.328	0.352	0.391	0.493	0.521
Laem Chabang	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Qingdao	1.000	1.000	0.959	1.000	1.000	1.000	1.000
Southampton	0.510	0.467	0.403	0.414	0.386	0.314	0.190
Houston	1.000	0.745	0.746	0.414	0.783	0.797	0.617
Santos	0.510	0.451	0.421	0.277	0.251	0.317	0.367
Barcelona	0.156	0.172	0.195	0.192	0.207	0.193	0.184
Khor Fakkan	1.000	0.764	0.620	0.639	0.814	0.717	0.619
Valencia	0.425	0.318	0.296	0.303	0.434	0.333	0.307
Felixstowe	0.831	0.658	0.820	0.851	0.986	0.678	0.576
Gioia Tauro	0.026	0.791	1.000	1.000	0.791	0.607	0.517
Yantian	0.106	0.296	0.454	0.698	0.964	1.000	1.000
Taichung	0.266	0.405	0.444	0.414	0.498	0.401	0.325
Xiamen	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Marsaxlokk	0.377	0.414	0.421	0.559	0.406	0.284	0.296
Puerto Manzanillo	0.416	0.407	0.544	0.758	1.000	1.000	0.822
Dalian	0.302	0.320	0.310	0.327	0.458	0.479	0.462
효율적인 DMU 수	10	10	10	10	10	11	9
효율성 지수 평균	0.545	0.576	0.552	0.554	0.567	0.539	0.495

분석결과, 1995년에 효율적으로 측정된 항만은 HongKong항을 비롯한 10개 항이며, 1996년은 10개항만, 1997년 10개항만, 1998년 10개항만, 1999년 10개항만, 2000년 11개항만, 2001년 9개 항만인 것으로 나타났다. 각 년도의 효율성지수 평균은 최근 2년간 감소 추세이며 2001년에 가장 낮은 지수를 나타냈다. 7년동안 효율성지수 1을 유지하고 있는 항만은 Hongking항, Singapore항, Kaohsiung항, San Juan항, Laem Cahabang항, Xiamen항 등 6개 항만인 것으로 분석되었다.

중국의 경제구조 및 산업 발달로 인한 세계 컨테이너 화물의 흐름이 동북아로 이동됨에 따라 동북아에 위치한 항만들의 효율성은 일본 지역 항만을 제외하고, 시간이 지남에 따라 증가되고 있는 것으로 파악되었다.

부산항은 95년, 96년을 제외한 나머지 년도에 대해서 비효율적인 항만으로 구분되었으며, 97년 이래로 효율성 지수가 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다.

3.1 세계 10대항만(2001년 기준)의 효율성 변화 분석

부산항을 포함한 세계10대 항만의 효율성 변화는 다음의 Fig. 2와 같다.

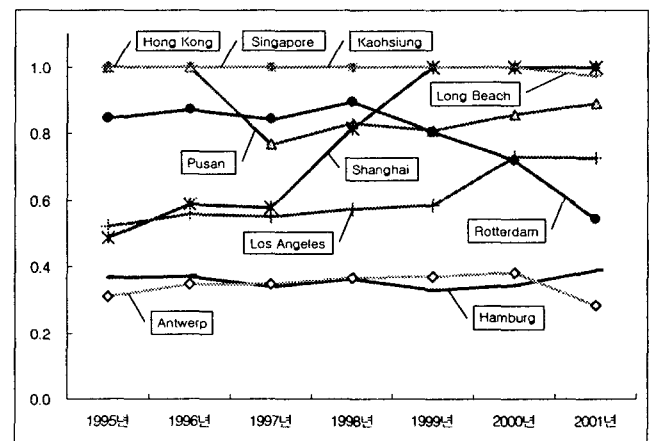


Fig. 2 Radial efficiency measures of major 10 ports

HongKong항, Singapore항, Kaohsiung항의 경우, 7년동안 효율성 지수가 1로서 가장 효율적인 항만으로 분석되었으며, Shanghai항은 99년 이후로 급격한 효율성 증가를 보이고 있다. 기타 항만들은 일정 수준의 효율성을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 부산항의 경우는 95년, 96년에 효율적인 항만으로 평가되었으며, 1998년~1999년 사이에 약간의 감소를 보이다가 99년 이후 점차 효율성이 높아 지고 있는 것으로 파악되었다..

3.2 동북아 주요 항만 및 부산항의 주요경쟁항만의 효율성 변화

동북아시아에 위치한 부산항의 주요 경쟁항만의 효율성변화는 다음의 Fig. 3과 같다. Tianjin항, shanghai항, Yantian항, Dalian항 등 중국의 주요 항만은 자국의 경제성장과 더불어,

효율성 지수가 증가 또는 1의 값을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 중국항만 중 Qingdao항, Xiamen항은 비교적 소형 항만임에도 1995년부터 처리능력 이상의 물량을 처리하고 있었으며, 이를 통해 중국의 타 항만과는 달리 7개년 동안 효율적인 항만으로 평가되었다. 중국항만과의 경우와는 다르게 일본의 주요항만 Yokohama항, Tokyo항, Kobe항, Osaka항 등은 점차 효율성 지수가 감소되고 있는 것으로 나타났다. 우리나라와 경쟁관계에 있는 kaohsiung항은 7년간 효율성 지수를 1로 유지하고 있는 매우 효율적인 항만으로 분석되었다.

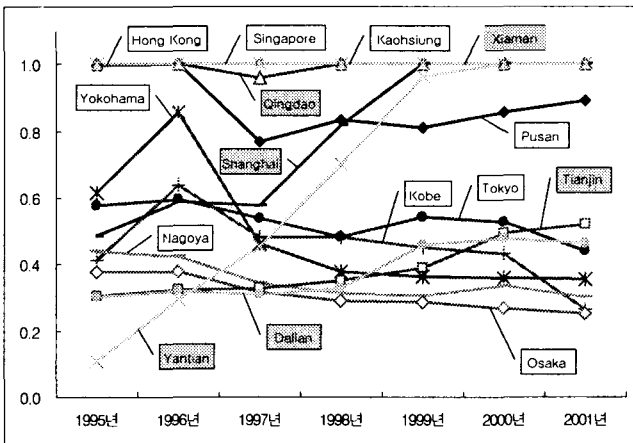


Fig. 4 Radial efficiency measures of ports located North-East Asia

3.3 효율성이 뚜렷히 증가하고 있는 항만

분석에 사용된 항만들 중 효율성 지수가 급격히 성장하고 있는 항만은 다음의 Fig. 5와 같다.

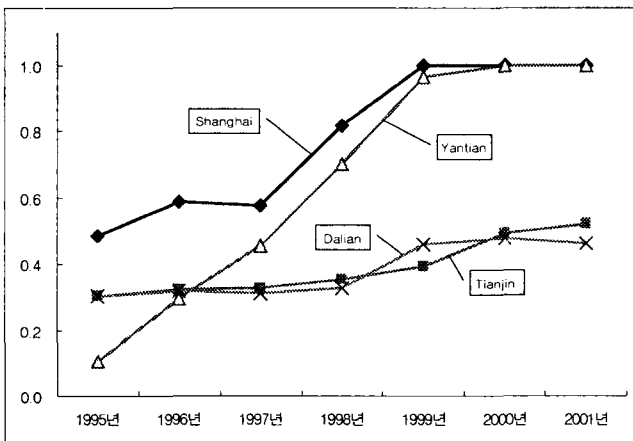


Fig. 5 Ports measured rapid efficiency growth

분석에 사용된 53개의 항만들 중 효율성 지수가 급격하게 증가하고 있는 항만은 Shanghai항, Yantian항, Tianjin항, 등으로 모두 중국의 항만인 것으로 나타났다. 이는 동북아시아에서의 중국 경제의 급격한 성장과 일치하는 것으로 중국으로의 화물량이 급격히 증가함에 따른 현상으로 해석된다. 중국의 WTO

가입이 가시화 되기 시작한 1998년을 기점으로 효율성 지수의 급격한 성장이 시작되었으며, 현재까지도 그 추세는 지속되고 있다.

3.4 효율성 지수가 감소하고 있는 항만

53개 항만 중 효율성 지수가 다소 감소하고 있는 항만들은 다음의 Fig. 6과 같다. 효율성 지수가 감소하고 있는 항만은 Rotterdam항, Antwerp항, Yokohama항, Tokyo항, Seattle항 등 주로 일본의 주요항만, 유럽의 대형항만, 미주지역의 대형항만인 것으로 나타났다. 이는 세계 컨테이너 물동량이 중국을 중심으로 이동되고 있는데 기인한 결과로 보인다. 해당 항만들의 처리 물동량은 기존 수준을 유지하거나 소폭 증가하였지만, 기타 동북아시아 항만들의 처리물동량이 급격히 성장함에 따라 상대적인 효율성 지수가 감소하는 형태를 띠는 것으로 파악된다.

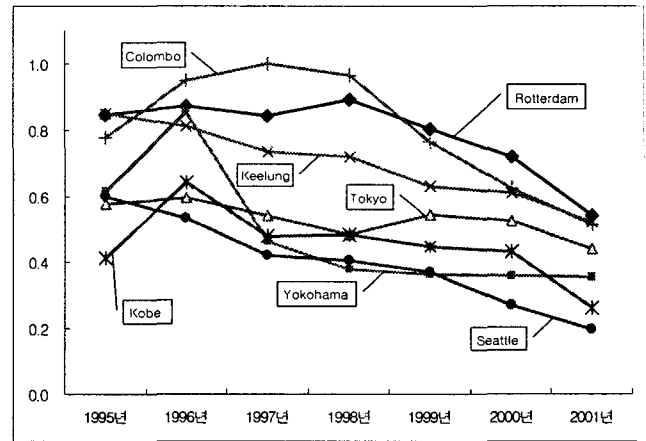


Fig. 6 Ports measured decrease in efficiency

4. 결 론

본 연구에서는 세계 60대 항만(2002년 기준)에 해당하는 항만 중 부산항을 포함한 53개 항만을 대상으로 효율성 분석 및 1995년~2001년 7년 동안의 효율성 변화를 살펴보았다. 이를 통해 세계 주요 항만과 상대적으로 비교된 부산항의 효율성 수준을 살펴볼 수 있었고, 향후 부산항의 효율성 증대를 위한 벤치마킹 대상을 구하는데 있어 중요한 시사점을 제시하고 있다. 세계 주요 항만의 효율성을 분석한 결과, Honkong항, Singapore항, Kaohsiung항 등의 6개 항만은 7년 동안 효율성 지수가 1로 평가됨으로서, 매우 효율적인 항만인 것으로 파악되었다.

중국 주요 항만들의 효율성은 1997년 이후로 급격한 증가를 보이고 있으며, 일본의 경우는 고비용으로 인해 처리 물량이 기존의 수준을 유지하거나 소폭 성장으로 인해 항만 효율성이 점차 감소하고 있는 것으로 분석되었다. 중국 주요항만의 효율성 증가는 자국내의 수출입 물량 증가와 더불어 세계 주요 국

로벌 기업 유치에 따른 시너지 효과로 발생된 컨테이너 화물의 증대에서 그 원인을 찾아 볼 수 있다.

부산항은 95년, 96년을 제외한 나머지 년도에 대해서 비효율적인 항만으로 구분되었으며, 97년 이래로 효율성 지수가 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다. 부산항이 효율성을 극대화하기 위해 Benchmarking 대상을 선정 할 경우 부산항의 시설 규모 및 환적화물이 증대하고 있는 현실을 감안하여 7년 동안 효율적으로 평가된 항만들 중 Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항을 선정하는 것이 바람직하다고 판단되며, 지속적인 효율성 증대를 보이고 있는 Shanghai항, Yantian 항 등도 Benchmarking 대상으로 고려할 수 있을 것이다.

본 연구는 1995년부터 2001년까지의 세계 주요 항만의 방대한 자료를 정리하여 공통된 투입 및 산출 변수를 선정하고, 이를 기반으로 53개의 항만간 효율성을 DEA모형을 통해 실증적으로 분석하였다. 그러나, 방대한 자료를 전적으로 2차 자료에 의존할 수 밖에 없었던 한계로 인해 보다 폭 넓은 분석을 시행하지 못하였다. 또한, 2차 자료(Containerisation International Year book)가 출판년도의 전년 자료가 아닌 2년전의 자료가 수록되는 특성을 가지고 있음으로 보다 최근 년도의 분석을 수행할 수 없었던 한계를 내포하고 있다.

참고문헌

- [1] Ali, A. I. and L. M. Seiford, Fried, H. O., C. A. Knox Lovell and S. S. Schmidt(ed.)(1993), Oxford University Press, "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis," in The Measurement of Productive Efficiency, pp. 120-159.
- [2] Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper (1984), "Some models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", Management Science, vol. 30.
- [3] Boussofiane, A., R. G. Dyson and E. Thanassoulis(1991), "Applied Data Envelopment Analysis," European Journal of Operational Research, 52, pp.1-15.
- [5] 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.
- [6] Emap Business Communications (1996~2003), "Containerisation International Year Book".
- [7] Naveen Donthu, Boonghee Yoo(1998), "Retail Productivity Assessment Using Data Envelopment Analysis," Journal of Retailing, Volumn 74(1), pp. 89-105.
- [9] Oral, M., K. Ossama, and P. Lang(1991), "A Methodology for Collective Evaluation and Selection of Industrial R&D Projects," Management Science, v. 37, no. 7, pp. 871-885.
- [10] Parkan, C., K. Lam, and G. Hang(1997), "Operational Competitiveness Analysis on Software Development," Journal of the Operational Research Society, 48, pp.892-905.
- [11] Schaffnit, C., D. Rosen, J. C. Paradi(1997), "Best Practice Analysis of Bank Branches: An Application of DEA in a Large Canadian Bank.," European Journal of Operational Research, 98, pp.269-289.
- [12] Shang, J. and T. Sueyoshi(1995), "A United Framework for the Selection of a Flexible Manufacturing System," European Journal of Operational Research, 85, pp.297-315.