

DEA/초효율법을 이용한 항만노무 효율성 분석

장운재**

* 목포해양대학교 국제해사수송과학부

An Analysis of Technical Efficiency of Port Labor Using
DEA/Super Efficiency

Woon-Jae Jang**

* Division of Maritime transportation system, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 본 연구는 3개의 투입변수와 3개의 산출변수로 구성된 DEA법을 이용하여 우리나라 항만의 노무효율성을 측정 평가하였다. 대상항만의 전체 기술적 효율성은 평균 94.18% 수준이었으며, 순수 기술적 효율성은 100%로 나타났고 규모의 효율성은 94.18%로 전체 기술적 비효율성이 가장 높게 나타났다. 분석결과 7개의 항만은 효율적인 항만으로 측정되었고 4개의 항만은 비효율적 항만으로 측정되었다. 4개의 비효율적 항만중 규모에 대한 수익체증은 동해항으로 나타났다. 그러나 비효율적인 항만들은 생산규모의 비효율성보다 자원운영의 비효율성이 높은 것으로 나타났다. 한편 초효율법을 이용하여 효율적인 항만의 우선순위를 분석한 결과 인천항, 목포항, 평택당진항, 마산항, 여수광양항, 제주항, 군산대산항 순으로 효율성이 높은 것으로 나타났다. 특히 비효율적인 부산항은 목포항 및 인천항을 벤치마킹하여 항만 물동량의 증대, 장비의 현대화 및 노무효율성의 향상을 위해 전면적인 노무상용화가 필요하다.

핵심용어 : 기술적 효율성, DEA, 규모의 효율성, 수익체감, 항만노무, 초효율성

Abstract : This paper measured and evaluated the technical efficiency, pure technical efficiency and scale efficiency of port labor via three inputs and three outputs using Data Envelopment Analysis (DEA). First, the average overall technical efficiency measured about 94.18 %, with 100 % pure technical efficiency being larger than 94.18% scale efficiency. As a result, 7 ports were identified as efficient, and 4 ports were identified as inefficient. Among the 4 inefficient ports, Donghae had the highest Increasing Return to Scale (IRS). However, the inefficient ports were all found to be less efficient in terms of resource operation than production scale. On the other hand, the efficient ports established priorities using the super efficiency method. As a result, port efficiency was highest for Incheon, Mokpo, Pyeongtaek-Dangjin, Masan, Yeosu Gwangyang, Jeju, and Gunsan-Daesan Ports, in order. In particular, Busan Port, found to be inefficient, would benefit from using Mokpo Port and Incheon Port as benchmarks to increase trade volume and modernize equipment for full-scale commercialization to improve labor efficiency.

Key Words : Technical efficiency, Data Envelopment Analysis, Scale efficiency, IRS, Port labor, Super efficiency

1. 서 론

최근 항만은 중심항 경쟁의 심화에 따라 중심항 경쟁에 뒤지지 않기 위해 항만별 다양한 정책을 추진중에 있으며, 특히 하역 생산성을 향상시키기 위한 방안을 활발히 추진하고 있다. 하역생산성을 증진시키는 방안은 새로운 장비를 확보하는 하드웨어를 확충하는 방법과 이를 운용하는 인력을 효율적으로 운영하는 방법으로 나눌 수 있

다. 하드웨어의 확충을 위해서는 장비 현대화기금 등을 마련하여 꾸준히 추진 중에 있으나 아직 운영효율성을 개선하기 위한 노력은 활발하게 이루어지지 않고 있다.

항만하역 특히 노무효율성을 개선하면 보다 적은 투입 자원으로 보다 많은 하역물량을 처리할 수 있고, 이에 따른 수익의 증대도 가능하다. 또한 항만의 안전성을 제고하기 위해 투자를 증대함으로써 재해예방까지 가능하기 때문에 노무효율성 분석은 매우 중요하다고 할 수 있다.

이러한 중요성에도 불구하고 노무효율성 향상을 위한 노력이 활발하게 이루어지지 않는 이유는 항만노무 공급

† jwj98@mmu.ac.kr, 061-240-7183

권이 다른 산업에서는 금지되어있는 항운노조의 독점적 지위를 인정해주고 있기 때문이다. 과거 전 세계 항만들은 항만하역이 수요변동성이 컸기 때문에 항운노조 등을 통하여 노무수요를 대응해왔다. 그러나 하역장비의 현대화 및 기계화의 진전에 따라 항만의 국제경쟁력과 생산성 향상을 위해 항만노무인력을 상용화하고 있는 추세에 있다. 그 일환으로 우리나라도 부산항(07.1), 평택항(07.9), 인천항(07.10)의 3개 항만에 대해 우선적으로 노무인력의 상용화가 진행되었다.

노무상용화에 대한 효과측정을 위해 부산항 등 개별항만의 노무 상용화 효과를 측정하였다(Cho, 2009; KMI, 2009). 이러한 개별항만의 노무 효율성 분석은 효과를 측정하기에는 중요한 지표임이 분명하나 다른 항만과 효율의 비교가 어렵고, 비효율시에는 원인분석이 불가능하다는 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하며 효율성을 측정하는데 널리 알려진 DEA(Data Envelopment Analysis)법을 사용하여 우리나라 항만에 대한 노무효율성을 비교·평가하고, 비효율적으로 운영 중인 항만에 대해서는 효율성 향상방안을 제시하고자 한다.

이를 위해 본 연구에서는 먼저 Brainstorming법에 의해 6개의 평가요소를 추출하고, 2015년의 자료를 이용하여 우리나라 11개 항만을 개별적인 평가단위로 설정하여 상대적 효율성을 측정하고자 한다. 또한 비효율적인 항만에 대해서는 벤치마킹해야 할 기준항만을 정하고 효율성 향상을 위한 부문별 효율화 정도를 제시하고자 한다. 한편 효율적으로 운영 중인 항만에 대한 순위를 결정하기 위해 초효율법을 이용하고자 한다. 마지막으로 노무상용화 중인 부산, 인천, 평택 등 3개 항만에 대해서는 상용화 전후의 효율성의 변화를 분석하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 선행연구의 분석

항만 노무인력에 관한 연구는 노무상용화 이전에는 노무 상용화를 핵심으로 상용화시 긍정적 효과가 있음을 주장하였다(Cho, 2009).

상용화 이후에도 실제 긍정적 효과가 있었음을 조기성은 부산항 4부두를 대상으로 상용화 전후 단위 생산성을 비교하였으며, 한국해양수산개발원에서는 항만별 노무 상용화 효과로 경제성과 정성적 성과로 구분 측정하여 밝혔다(Cho, 2009; KMI, 2009).

이러한 개별항만의 노무 효율성 분석은 상용화에 대한 효과를 측정하기에는 중요한 지표임이 분명하다. 그러나

이러한 개별평가는 대상항만의 생산성 향상이 다른 항만의 생산성 향상과 비교하여 노무 상용화에 따른 것인지, 그 생산성 향상은 어느 정도인지 등은 알 수가 없다. 또한 현실적으로 노무 상용화에는 비용이 들기 때문에 효율을 가장 높일 수 있는 항만들에 우선 추진되어야 하는데 개별평가만으로는 우선순위를 알 수가 없다. 또한 비효율이 있는 경우 원인분석이 불가능하다는 한계가 있다.

이러한 한계를 극복하고 효율성을 평가하는 방법으로 DEA법이 널리 이용되고 있다. DEA법의 효율성은 투입과 산출에 관련된 모든 요소를 동시에 고려하고, 투입요소들에 대해 최대산출을 생산하는 조직과 비교하여 그 외 조직의 효율성을 상대적으로 측정하는 방식이다(Keum and Jang, 2005). 이러한 DEA법은 비모수적 접근방법으로 특별한 가정이 필요없어 철강산업, 금융, 경찰 등 공공기관 효율성 및 해상 수색구조 조직의 효율성 평가에 이용하고 있다.(Lee and Kim, 2007; Hong and Goo, 2000; Sun, 2002; Drakes and Simper, 2003; Keum and Jang, 2005).

한편, DEA법은 효율적인 항만에 대해서는 100%로 나타내며, 효율적인 항만이 다수일 경우 효율순위를 결정하기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 초효율법을 이용하여 효율적인 항만에 대해서는 효율정도를 수치화하여 순위를 결정하였다.

2.2 DEA법

DEA법은 유사한 다수 투입요소를 사용하여 유사한 다수 생산물을 얻기 위해 유사한 기술을 사용하는 의사결정 단위(Decision Making Unit: DMU)들간의 상대적 효율성을 측정하기 위한 선형계획법이다. 즉, 어떤 DMU의 상대적 효율성의 척도는 투입요소의 가중합에 대한 산출요소의 가중합의 비율의 극대값으로 표현되며, 이때 제약조건은 평가되는 DMU를 포함한 모든 DMU의 효율성 값이 '1'과 같거나 혹은 '1'보다 작아야 한다는 것이다. 어떤 DMU의 효율성을 측정하는 방법을 선형계획법으로 모형화하면 식 (1)과 같다.

$$MAX \sum_{r=1}^s u_r y_{ro} \tag{1}$$

Subject to

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{ro} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n, r = 1, 2, \dots, s, i = 1, 2, \dots, m)$$

또는 쌍대문제

$$\text{MIN } \beta_0 \quad (2)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n \phi_j y_{ij} \geq y_{r0} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (3)$$

$$\beta_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n \phi_j y_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; \phi_j \geq 0; \beta_0 \text{ free}) \quad (4)$$

여기서 x, y 는 각각 투입물과 산출물을 의미하고, u_r, v_i 는 각각 산출물과 투입물의 가중치이고, β_0 는 DMU_0 투입물의 승수이다.

식(2)에서 β_0 는 기술적효율성(Constant Returns to Scale: CRS)로써 $0 \leq \beta_0 \leq 1$ 이다. 식(1)과 식(2)의 선형계획문제는 규모에 대한 수익불변을 가정하고 있다.

VRS는 순수 기술적 효율성(Variable Returns to Scale: VRS, 기호로는 π_0)와 규모의 효율성(Scale Efficiency: SCE, 기호로는 μ_0)으로 나눌 수 있으며, SCE는 $\mu_0 = \beta_0 / \pi_0$ 으로 산출할 수 있다. VRS와 SCE는 규모에 대한 변동수익을 측정할 수 있도록 하는 $\sum \phi_i = 1$ 의 제약식을 부과하여 구할 수 있다. 만약 규모의 비효율성이 존재한다면($\mu_0 \neq 1$) 이는 규모에 대한 수익체증 또는 규모에 대한 수익체감에 기인한다. 이 두 가지 가능성을 구별하기 위하여 $\sum \phi_i = 1$ 의 제약식을 부과한 규모에 대한 비체증수익(Non-increasing return to scale: NIRS)을 조건으로 하는 효율성(δ_0)이라 할 수 있다.

따라서 규모의 비효율성이 있을 때는 π_0 와 δ_0 를 비교하여 $\pi_0 = \delta_0$ 인 경우 DRS가 되고, $\pi_0 \neq \delta_0$ 인 경우는 IRS가 되며 $\beta_0 = \mu_0 = \delta_0 = 1$ 이면 비효율성이 없다는 것을 의미한다 (Keum and Jang, 2005).

2.3 초효율법

초효율성(Super efficiency)은 효율적인 DMU에 대한 순위 정보를 제공하기 위한 것으로 효율적인 DMU가 현재의 효율성을 유지하면서 투입벡터를 비례적으로 얼마나 증가시킬 수 있는가를 측정하는 것이며, 이러한 경우 효율성의 값은 1보다 커질 수 있다. 이는 측정대상 DMU로부터 이 DMU를 제외한 상태에서 추정된 효율적 프론티어까지의 방사선 거리를 측정하는 것으로 본래의 DEA 모형에서 비효율적 DMU를 평가하는 것과 유사한 방법으로 효율적 DMU를 평가하는 것이다.

이 방법의 적용을 위해 DEA 모형의 k번째 제약조건을 제거하는 식(5)~식(8)로 효율적 DMU k의 효율성이 1보다 커지는 것을 허용할 수 있다(Park and Moon, 2010).

$$\text{MIN } \beta_{0k} \quad (5)$$

Subject to

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \phi_{kj} y_{rj} \geq y_{r0k} \quad (r = 1, 2, \dots, s) \quad (6)$$

$$\beta_{0k} x_{ki0} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n \phi_{kj} y_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

$$\phi_{kj} \geq 0, \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

여기서 β_{0k} 는 k번째 DMU_{0k} 투입물의 승수이고, ϕ_{kj} 는 k번째 가중치이다.

3. 항만 노무조직 특성 분석

3.1 항만 노무조직

항만 노무인력은 상용직과 일용직으로 구분할 수 있으며, 일용직은 항운노동조합에 소속된 조합원이다.

항운노조원은 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 전체 약 30% 정도로 구성되고 있으며, 상용화가 시작되는 2006년부터 점차 감소추세에 있다.

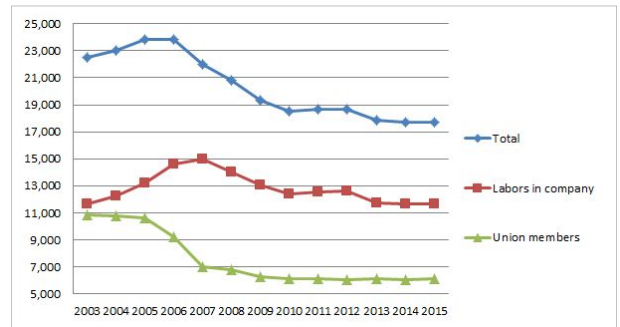


Fig. 1. The number of port labors.

(Source: Port labors booklet 2016)

항만근로자의 연령별 종사자수는 Fig. 2에서 보이는 바와 같이 2015년의 경우 41세 이상에서 50세 이하가 34%로 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 그러나 30세 이하가 5%인데 60세 이상이 6%를 차지하고 있어 점차 노령화되고 있다.

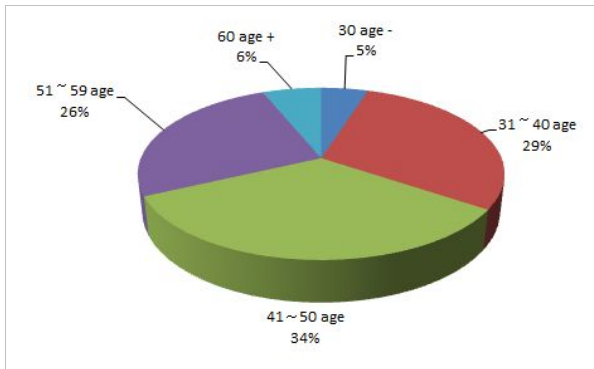


Fig. 2. The age of port laborers.
(Source: Port laborers booklet 2016)

3.2 노무효율성 분석을 위한 요소의 선정

항만별 노무효율성을 측정하기 위해서는 모든 투입요소와 산출요소를 포함하는 것이 바람직하다. 그러나 현실적으로 모든 투입과 모든 산출을 식별해 내기도 어려울 뿐 아니라, 식별해 낸다 하더라도 자료를 구할 수 없는 경우가 많고, 또한 변수가 너무 많을 경우에는 활용하는 기법의 유용성이 저하되는 단점이 있다. 따라서 현실적인 효율성 측정에는 소수의 투입 및 산출요소가 포함되는 것이 일반적인데 이 때 중요한 것은 측정대상 조직의 가장 중요한 투입요소와 산출요소를 규명해 내고 이를 계량화된 자료로 환원하는 것이다. 본 연구에서는 이러한 측면을 감안하여 항만별 노무조직의 투입 및 산출요소를 선정하였다.

일반적으로 생산에 기여하는 조직의 투입요소는 크게 노무종사자 수, 인건비 등을 들 수 있다. 총체적인 투입규모를 가장 잘 대변하고 있는 것은 인건비라고 할 수 있으나 업무경력 등에 따라 인건비는 차등이 크기 때문에 항만별 전체 인건비를 단순 비교하는 것은 바람직하지 않고 자료를 입수하는 것도 현실적으로 상당히 어렵다. 따라서 본 연구에서는 순수 노무종사자 수에 대해서만 고려하여 하역업체 근로자와 항운노조 조합원 수를 입력변수로 하였다.

또한 대형항만과 소형항만의 노무 종사자의 수를 단순히 동일하게 볼 수 없다. 예를 들어 항만의 안벽길이가 1/2의 차이가 있는 항만에서 동일한 효율성이 산출되었다면 이는 2배차이가 있는 것이다. 따라서 본 연구에서는 항만규모를 정량화한 변수로 안벽길이를 입력변수로 추가하였다.

출력변수에 있어서는 항만별 하역 처리물량, 하역수입을 고려하였다.

한편, 노무상용화로 경비가 절감되면 하역장비의 현대화로 이어질 수 있다. 그러나 하역장비의 현대화수준을 정량적으로 측정하기란 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 노무상용화로 인력에 의존하던 하역작업이 새로운 장비의 도입 및 자동화로 인해 작업의 안전성이 확보되므로 항만별 재해건수를 출력변수로 고려하였다.

3.3 항만별 현황

2015년 우리나라 대상항만의 평균 노무 현황은 Table 1에서 보는 바와 같다. 하역처리물량은 인천항이 121,315천톤으로 가장 많은 물량을 처리하였다. 하역처리로 인한 수익역시 인천항이 236,717백만원으로 가장 높은 것으로 나타났다. 재해건수는 부산항이 24건으로 가장 높은 것으로 나타났다. 한편 입력변수인 하역업체 종사인력, 항운노조 조합원수는 부산항이 각각 5,436명, 1,768명으로 가장 많았고, 안벽길이 역시 부산항이 29,285m로 가장 긴 것으로 조사되었다.

Table 1. Statistics of ports

Ports	Input			Output		
	Labors in company (No.)	Union members (No.)	Berth length (m)	Cargo-Working (T-Ton)	Cargo-Working income (M-Won)	Accidents (No.)
Busan	5,436	1,768	29,285	19,898	98,885	24
Incheon	2,826	96	24,556	121,315	236,717	9
Ulsan	680	930	19,948	49,313	95,986	12
Masan	1,230	600	4,714	37,083	57,065	8
Gunsan daesan	439	657	15,381	46,415	72,397	8
Mokpo	414	364	4,920	12,021	39,561	13
Yeosugw amgyang	1,110	685	24,645	105,639	142,377	2
Pohang	780	943	11,551	58,169	119,171	9
Donghae	302	358	4,407	25,842	35,008	3
Jeju	169	347	4,788	20,795	48,568	4
Pyengtaek dangjin	649	0	14,109	103,293	252,194	3

* Source: Port laborers booklet 2016, Marine Fisheries Statistical Yearbook 2015

투입인력이 불변하다고 가정하면 처리물량과 하역수입은 증가할수록 효율이 높지만 재해건수는 감소할수록 효율이 높게 된다. 따라서 본 연구에서는 대상항만 전체 재해건수 대비 해당항만의 재해건수 비율의 역수를 이용하였다.

4. 항만 노무효율성 측정

4.1 항만별 노무효율성 측정

효율성 측정은 투입지향, 산출지향 등 2가지로 나눌 수 있으나 투입인력에 따른 효율성에 측정에 초점을 두고자 본 연구에서는 투입지향법을 사용하였다.

효율성 측정기간을 동일하게 하기 위해 사용된 자료는 각 년도의 1년간 자료를 이용하였다.

대상항만에 대하여 CRS, VRS 및 SCE를 Table 2와 같이 산출하였다. 대상항만 전체 평균 효율치는 각 항만의 효율치를 단순 산술평균하여 산출한 결과 CRS는 94.18%, VRS는 100.00%, SCE는 94.18%로 나타났다. 여기서 효율적인 항만이란 효율치가 100.00%인 항만이다.

Table 2. Efficiency of ports

Ports	CRS	VRS	SCE
Busan	62.91%	100.00%	62.91%
Incheon	100.00%	100.00%	100.00%
Ulsan	89.60%	100.00%	89.60%
Masan	100.00%	100.00%	100.00%
Gunsandaesan	100.00%	100.00%	100.00%
Mokpo	100.00%	100.00%	100.00%
Yeosugwangyang	100.00%	100.00%	100.00%
Pohang	87.49%	100.00%	87.49%
Donghae	95.93%	100.00%	95.93%
Jaegu	100.00%	100.00%	100.00%
Pyengtaekdangjin	100.00%	100.00%	100.00%
Average	94.18%	100.00%	94.18%

또한 비효율적인 항만에 대해 규모에 대한 수익효과는 DRs와 IRS로 나눌 수 있으며 VRS와 NIRS의 효율치를 비교함으로써 알 수 있다. 식(3)~식(5)를 이용하여 NIRS를 구하면 Table 3과 같다.

Table 3. Inefficiency of ports for return to scale

DMU	VRS	NIRS	Return to scale
Busan	100.00%	100.00%	-
Ulsan	100.00%	100.00%	-
Pohang	100.00%	100.00%	-
Donghae	100.00%	95.93%	IRS

Table 3에서 보이는 바와 같이 대상항만 중 동해항만이 IRS효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 동해항은 투입량을

현재보다 2배 올리면 산출량의 증가도 2배로 비례적으로 증가하는 것을 의미한다. 그러나 본 연구에서는 CRS 효율치가 VRS나 SCE 효율치 보다 낮게 나타나고 있다. 즉 비효율적 항만은 규모에 대한 비효율성보다 투입/산출자원의 비효율적 운영에 의한 비효율성이 더 높다는 것을 알 수 있다.

따라서 비효율적인 항만은 CRS에 의해 준거집단을 산출하였다.

4.2 준거집단

비효율적 항만에 대한 준거집단과 가중치는 식(2)를 이용하여 Table 4와 같이 산출된다. 준거집단은 각 의사결정단위의 효율성과 비효율성의 정도이며, 비효율적 부분이 준거집단을 통해서 상대적으로 측정된다. 준거집단은 비효율적인 항만이 참조할 수 있는 모델이 된다.

본 연구의 가중치는 비효율적인 항만이 효율적인 항만이 되기 위해서 어떤 항만을 얼마나 참조해야하는지의 정도를 나타내는 것이다.

Table 4. Reference sets for inefficient ports

Inefficient ports	Benchmarking Ports	Weights
Busan	Incheon, Mokpo	Incheon(0.44), Mokpo(1.54)
Ulsan	Gunsandaesan, Mokpo	Gunsandaesan(0.54), Mokpo(0.28)
Pohang	Masan, Jeju, Pyengtaekdangjin	Masan(0.47), Jeju(1.19), Pyengtaekdangjin(0.15)
Donghae	Masan, Jeju, Pyengtaekdangjin	Masan(0.14), Jeju(0.38), Pyengtaekdangjin(0.12)

부산항이 참조해야 할 효율적 항만은 인천항, 목포항이며 이 때 가중치는 인천항이 0.44, 목포항이 1.54이다. 특히 부산항은 비교적 가중치가 큰 목포항을 참조하여 효율성 향상에 도움을 받을 수 있다.

4.3 부분별 비효율성 정도

상대적 효율성에 대한 분석 및 준거집단에 대한 분석에서 비효율적인 항만 및 이들 항만에 대한 준거집단을 파악하더라도 구체적으로 어느 부분이 얼마나 비효율적인 알지 못하면 효율성 향상의 목표를 세우기 힘들 것이다. Table 5는 비효율적인 항만에 대한 부분별 비효율성 정도를 나타내고 있다.

따라서 앞의 효율성 분석에서 비효율적인 항만을 대상으로 부분별 비효율성의 정도 및 그 개선방향에 대해 살펴보고자 한다.

Table 5. Slacks for each input and output for inefficient ports

Inefficient ports	Labors in company (No.)	Union members (No.)	Berth length (m)	Cargo-Working (T-Ton)	Cargo-Working income (M-Won)	Accidents (No.)
Busan	924.9	0	0	52192.7	66591.1	0
Ulsan	0	0	3393.51	0	3099.58	0
Pohang	0	34.68	0	0	4480	0
Donghae	0	84.64	0	0	22653.98	0

Table 5에서 보는 바와 같이 부산항의 경우 현재치와 기준치를 비교하면 하역업체 근로자는 924.9명 과잉 투입되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 장비의 현대화 등을 통해 하역종사자 1인당 노동 효율성을 높여야 할 것이다.

출력변수에 있어서는 하역물량은 52,192천톤, 수입은 66,591백만원 과소 산출되고 있다. 따라서 항만물류네트워크를 구축하여 신규물량을 창출하고, 공격적인 항만마케팅 등을 강화, 장비의 현대화 등을 통해 서비스 개선을 지속적으로 추진하여 처리물량을 더욱 증대시켜야 할 것이다.

한편, 다른 비효율적인 항만에 대해서도 부산항만과 같이 최소한의 투입을 들여 최대한의 산출을 얻을 수 있도록 다각도로 노력을 해야 할 것이다.

4.4 항만별 노무효율 순위결정

노무효율성이 100%로 나타난 즉 효율적인 항만들에 대해 순위를 결정하기 위해 식(5)~식(8)을 이용하여 산정하였다. Table 6은 효율적인 7개 항만의 순위결과로 인천항이 가장 높고, 그 다음으로 목포항, 평택당진항, 마산항, 여수광양항, 제주항, 군산대산항 순으로 나타났다.

Table 6. Ranking of efficient ports by super efficiency

Ports	CRS	Rank	Ports	CRS	Rank
Incheon	392.34%	1	Gunsandaesan	117.68%	7
Mokpo	243.72%	2	Donghae	95.93%	8
Pyengtakdangjin	206.89%	3	Ulsan	89.60%	9
Masan	145.50%	4	Pohang	87.49%	10
Yeosugawyang	143.47%	5	Busan	62.91%	11
Jaeju	138.67%	6			

4.5 연도별 효율성 측정

Table 7은 노무상용화가 이루어진 3개의 항만에 대해 연도별 효율성을 분석한 결과이며, 효율적인 항만에 대해

서도 초효율법을 이용하여 효율치를 산출하여 나타냈다.

항운노조 조합원수가 급격히 줄어드는 시기별로 효율성을 살펴보면 먼저 부산항은 2006년 효율성이 65.91%로 2005년 42.83%에 비해 효율성이 53.89% 증가하였다. 그러나 2007년 37.04%로 낮아졌다가 2015년 62.91%로 높아졌다.

인천항은 2006년 206.38%, 2007년 182.57%로 13.04% 증가하였으며 2015년 392.34%로 매우 효율적인 항만으로 나타났다.

평택당진항은 2006년 125.72%, 2007년 및 2008년 효율성이 아주 큰(Big)수치이며, 2015년 206.89%로 여전히 효율적인 것으로 나타났다.

따라서 3개의 항만중에서는 노무상용화가 부분적으로 이루어진 부산항이 비효율적인 것으로 나타났으므로 전면 상용화에 대한 검토도 필요할 것으로 사료된다.

Table 7. Efficiency of ports by each year

	2015	2008	2007	2006
Busan	62.91	31.95	37.04	65.91
Incheon	392.34	288.64	206.38	182.57
Pyengtakdangjin	206.89	Big	Big	125.72

5. 결론

본 연구에서는 항만노무 효율성을 측정하기 위하여 DEA법을 이용하였다. 이를 위해 항만업체 종사자수, 항운노조 조합원수, 안벽길이 등 3개의 입력변수와 하역처리물량, 하역수입, 재해건수 등 3개의 출력변수를 이용하여 노무효율성을 산출하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 우리나라 11개의 대상항만 중 인천항, 목포항, 평택당진항, 마산항, 여수광양항, 제주항, 군산대산항 등 7개의 항만이 상대적으로 노무가 효율적으로 운용되는 것으로 나타났다.
- 2) 효율적인 항만 중 초효율법으로 순위를 나타내면 가장 효율이 높은 항만은 인천항으로 나타났다.
- 3) 규모에 대한 수익이 체증하는 항만은 동해항으로 나타났으나, SCE보다 CRS에 의한 비효율치가 더 크므로 투입/산출자원 운영의 비효율성이 더 큰 것으로 나타났다.
- 4) 비효율적인 곳으로 평가된 4개의 항만은 준거집단을 참조하여 벤치마킹해야 할 필요가 있다.
- 5) 노무상용화가 이루어진 3개항에 대해 효율성을 비교한 결과 부산항이 비효율적인 것으로 나타났다.

따라서 부산항은 효율성 향상을 위해 전면상용화에 대한 검토도 필요할 것이다. 이와 함께 비효율적으로 평가된 부산항, 울산항, 포항항, 동해항 등의 장비현대화 및 항만물류네트워크 구축, 공격적인 항만마케팅 등을 전개하여 효율성을 향상시켜야 할 것이다.

그러나 효율성은 화물의 종류에 따라 다를 수 있어 동일 종류의 화물별로 효율성을 측정해야 바람직하다. 향후 연구에서는 동일 종류의 화물별로 연구를 진행해야 할 필요가 있다. 또한 해외항만까지 포함하고, 실제 하역회사의 설문 등의 사례를 조사한 보다 현실감 있는 연구로 확대 및 내실화가 필요하다.

References

- [1] Cho, G. S.(2009), A Study on the Analysis of Operational Effect of the Port Supply System Reorganization (Focused on the Operation Case of Busan Port 4 Pier), Master's Thesis of Graduate School of Maritime Industry, Korea Maritime University.
- [2] Drakes, L. and R. Simper(2003), The measurement of English and Welsh police force efficiency; a comparison of distance function model, *European journal of operational Research*, 158, pp. 165-186.
- [3] Hong, B. Y. and J. O. Goo(2000), A Data Envelopment Analysis of the Efficiency of Credit Unions, *Financial Management Research*, Vol. 17, No. 2, pp. 277-292.
- [4] Keum, J. S. and W. J. Jang(2005), An Analysis of Technical Efficiency in the Korean RCC/RSC, *Journal of Korean navigation and port research*, Vol. 29, No. 3, pp. 215-220.
- [5] KMI(2009), A Study on the outcome analysis and development plan in accordance with port manpower supply system reform, Korea Maritime Institution.
- [6] Korea Port Logistics Association(2016), Port labors booklet 2015.
- [7] Lee, H. S. and K. S. Kim(2007), Measuring Efficiency of Korean Steel Industry Employing DEA, *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 7, No. 6 pp. 195-205.
- [8] Ministry of Maritime Affairs and Fisheries(2015), *Marine Fisheries Statistical Yearbook 2015*.
- [9] Park, J. H. and J. B. Moon(2010), Efficiency Analysis Using DEA for national RD Program for Regional Industrial Technology, *Korea Industrial Economics Research*, Vol. 23, No. 4, pp. 2047-2068.
- [10] Sun, S.(2002), Measuring the relative efficiency of police precincts using data envelopment analysis, *Socio-Economic Planning sciences*, 36, pp. 51-71.

Received : 2017. 02. 02.

Revised : 2017. 02. 24. (1st)

: 2017. 04. 21. (2nd)

Accepted : 2017. 04. 27.