

# DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

박홍균\*

## The Efficiency Determinants to Port Cargo Equipment on Container Terminals to DEA & Tobit Model

Hong-Gyun Park

### 목 차

I. 서 론

II. DEA와 토빗모형

III. DEA와 토빗모형을 이용한 실증분석

IV. 결 론

Key Words: DEA, Container Crane, Transtainer Crane, Yard Tractor, Tobit Model

### Abstract

This paper focuses on measuring the efficiency of container yards in container terminals in Busan and Gwangyang using Data Envelopment Analysis (DEA) approach . It analyses the relative efficiency of 11 container terminals based on the data for the period between 2006 and 2009 to offer a fresh perspective. The applied framework assumes inputs to be container cranes, transtainer cranes and yard tractors and output as container transshipment volume. Through the analysis, the differences between the impact of using of container cranes, transtainer cranes and yard tractors, top handler & reach stacker on container yard efficiency are measured. Moreover, the associations between the three input factors are analyzed as well.

This paper also employs heteroscedastic Tobit model to show the impact of explanatory variables on container yard efficiencies. I took into consideration the strategies for operation of container cranes, transtainer cranes and yard tractors in container yard.

▷ 논문접수 : 2010. 7. 25.

▷ 심사완료: 2010. 8. 31.

▷ 게재확정 : 2010. 9. 6.

\* 순천대학교 경영통상학부 무역학과 교수, [phg@sunchon.ac.kr](mailto:phg@sunchon.ac.kr), 010-2417-1454

## I. 서론

최근, 선박 대형화로 인해 항만시설의 운영 효율화는 항만 경쟁력의 핵심요소이다. 컨테이너터미널의 하역장비는 사회간접자본 시설로서 터미널의 생산성과 효율성을 결정한다. 선사와 화주는 신속한 하역을 통해 선박의 정박시간을 단축시켜 운항횟수를 증가시키는 것이 중요하므로 항만하역서비스강화를 위하여 주요항만 간의 경쟁이 심화되고 있다.

항만의 컨테이너 터미널의 하역장비들은 고가이며 시설에 많은 투자가 요구되며 터미널의 운용방법은 매우 동일한 조건에서 하역서비스가 제공된다. 따라서 각 항만은 시설을 보다 체계적이며 효과적으로 활용하여 환적물동량처리의 효율성을 높여야할 필요성이 있다.

현재 운영되고 있는 컨테이너터미널은 컨테이너 야드에서 가장 많은 지체가 발생되고 있으며 컨테이너 야드의 하역장비는 컨테이너터미널의 효율성을 결정하는 중요한 요인이다. 따라서 야드 장비의 운영은 컨테이너터미널의 운영효율과 비용절감을 결정하는 아주 중요한 요소이다. 본 연구에서는 컨테이너터미널에서 다양한 야드의 하역장비들간에 상호 효율성에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 부산항과 광양항의 컨테이너터미널을 대상으로 하역장비의 효율성을 분석하고 비효율적인 문제를 해결하기 위한 정책적 방안을 제시하며 환적물동량에 대한 컨테이너 터미널 효율성 증진의 이론적·실증적 근거를 마련하여 정책적 운영방법을 도출하고자 한다.

본 연구의 목적은 효율성 척도를 종속변수로 하여 이분산 토빗모형을 적용하여 컨테이너 야드에서 하역장비의 효율성에 각각의 하역장비가 어떻게 결정적 영향을 미치는가를 분석한다. 본고의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 DEA 기법을 도입한 후 제3장에서 실증 연구에서 효율성분석을 적용하며 Tobit 모형을 이용한다. 제4장 결론에서는 결정요인과 시사점을 제시한다.

## II. DEA모형과 Tobit모형

### 1. DEA의 모형

DEA는 사용 목적에 따라 여러 가지 모형이 있으며 대표적인 모형은 CCR과 BCC모형이다. DEA 모형은 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출요소의 자료를 이용하여 평가대상의 효율성을 측정하는 비모수적 접근방법이다.

DEA 모형은 선형계획법에 근거한 효율성 측정방법이며 다수의 투입물과 다수의 산출물과의 비율모형(CCR Ratio)으로 연장하여 비선형계획모형으로 나타났다. 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물을 생산하는 DMU의 상대적 효율성은 1978년에 Charnes et al.에 의

DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

하여 제시되었다. 이들은 M개의 투입요소  $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$  을 사용하여 S개의 산출물  $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$  을 생산하는 N개 DMU의 투입·산출자료로부터 DMU의 효율성을 측정하는 수리계획모형이다. DEA 모형은 투입요소와 산출요소 어느 것을 선택하느냐에 따라서 투입지향(input oriented)과 산출지향(output oriented)으로 구별된다.

투입 지향식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & w_k \equiv \mu^T y_k \\ \text{Subject to} \quad & v^T x_k = 1 \cdot \cdot \cdot \cdot [\theta] \\ & v^T x_k \leq 0 \cdot \cdot \cdot \cdot [\lambda] \\ & -\mu^T \leq -\epsilon^T \cdot \cdot \cdot \cdot [s^+] \\ & -\mu^T \leq -\epsilon^T \cdot \cdot \cdot \cdot [s] \end{aligned}$$

위 모형의 승수모형으로서 선형계획모형이다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize} \quad & z_k \equiv \theta - \epsilon^T s^+ - \epsilon^T s \\ \text{Subject to} \quad & \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = y_k \cdot \cdot \cdot \cdot [\mu] \\ & \theta x_k - \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j - s = 0 \cdot \cdot \cdot \cdot [v] \\ & \lambda_j (j = 1, \cdot \cdot \cdot, n), s^+, s \geq 0 \end{aligned}$$

위의 모형이 포락모형으로 불리는 선형계획모형이다. 일반적으로 가장 많이 활용되는 모형은 Charners, Cooper & Rhodes(1978)<sup>1)</sup>의 CCR모형과 Banker, Charnes & Cooper(1984)<sup>2)</sup>의 BCC모형이다.

## 2. 토빗(Tobit) 모형

DEA는 DMU값이 항상 0보다 큰 양의 값 아니면 1의 값을 가지므로 분포는 항상 일정한 방향으로 한계 값을 가지는 분포가 된다. 즉, 효율성을 통해 산출된 효율성 값은 제한된 위의 값을 갖기때문에 그 분포가 일반적인 회귀모형에서 가정하고 있는 정규분포와 달라 회귀계수가 불일치 추정치(inconsistent estimates)를 갖게 되므로 잘못된 실증결과를 가져올수 있다. 일반적인 최소자승법에 의한 회귀모형을 적용하는데 문제가 있다. 이러한

---

1) A. Charnes, W. W. Cooper, and E. L.Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 1978 , pp.429-444.  
 2) R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, "Some Models Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30, 1984, pp.1078~1092.

OLS의 문제점을 극복하기 위해 본 연구에서는 Tobin이 개발한 Tobit 모형을 이용하였다. Tobin(1958)은 종속변수의 데이터가 일부는 단일값을, 일부는 연속적인 성질을 갖는 값을 가지는 경우 제한된 범위의 특성을 갖는 종속변수와 독립변수간의 회귀분석방법을 개발한 것이 Tobit 모형이다. 이는 종속변수가 양적 변수이지만 일정한 영역에서는 관측될 수 없는 종속변수는 제한된 값을 갖는 경우에 많이 사용되어진다.

본 연구는 컨테이너 야드에서 하역장비가 각각 효율성에 설명변수로서 어떠한 영향을 미치는가를 분석하기 위하여 토빗 모형을 이용한다. 추정모형에서 CCR모형과 BCC모형으로부터 도출된 효율성 값을 사용한다. 계량분석 모형은 종속변수가 유무 또는 행위여부와 같은 이산종속변수일 때는 프라빗 모형을, 존재 또는 행위가 이루어지는 비율일 경우 토빗 모형을 사용한다. 토빗 모형이 사용되는 이유는 '중도절단 회귀모형'(Censored Regression Model)로 종속변수의 값이 연속이나 일부에 대해서만 이용가능한 경우 사용되어지며 0이하에서 중도 절단되는 특성을 반영하는 모형이다. 토빗 모형은 효율성 결정요인을 분석하기 위해서 다음과 같은 축약방정식으로 정의한다.

$$y_i = f(X_i, \beta) + \epsilon_i \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, N$ 는 의사결정단위를,  $y_i$ 는 종속변수로서 효율성 비율을,  $X_i$ 는 설명변수의 벡터를,  $\beta$ 는 추정하고자 하는 계수 값을,  $\epsilon_i$ 는 투입함수의 통상적인 오차 항을 나타낸다. 이러한 축약방정식의 추정을 위해서는 추정함수의 명시적인 형태와 오차 항에 대한 기본가정이 요구된다. 먼저 '관찰되지 않은 잠재변수지표'(unobserved latent variable index)를  $y_i^*$ 라고 정의할 때  $y_i^*$ 는 다음과 같이 관찰 가능한 특징을 나타내는 설명변수 벡터  $X_i$ 의 선형함수로 표시할 수 있다면 다음 식으로 정의된다.

$$y_i^* = X_i\beta + \epsilon_i \quad (2)$$

$y_i^*$ 는 관측 불가능한 잠재변수,  $X_i$ 는 효율성에 영향을 미치는 설명변수,  $\beta$ 는 계수,  $\epsilon_i$ 는 오차 항을 의미한다. 토빗 모형에서는 관측 가능한 종속변수는 다음과 같이 정의된다. 여기서  $y_i^*$ 는 관측 불가능한 잠재변수,  $X_i$ 는 효율성에 영향을 미치는 설명변수,  $\beta$ 는 계수,  $\epsilon_i$ 는 오차 항을 의미한다. 관측 가능한 종속변수는 프라빗모형에서는  $y_i = 1$  if  $y_i^* > 0$ ,  $y_i = 0$  if  $y_i^* \leq 0$ 로 정의된다.

토빗모형에서  $y_i = y_i^*$  if  $y_i^* > 0$ ,  $y_i = 1$  if  $y_i^* \leq 0$ 과 같이 정의되며 오차 항이 정규분포  $\epsilon_i \sim N(0, \sigma_E^2)$ 를 따른다는 가정 하에 '최우법'(Method of Maximum Likelihood)을 이용하여  $\beta/\sigma$ 의 값을 추정한다.<sup>3)</sup> 토빗모형(type I 토빗모형)에 대한 ML 추정량은 오차가

정규분포를 따르고 동분산(homoscedastic)으로 가정한다. OLS와 같은 통상적인 회귀분석에서는 이러한 가정들이 위배될 경우, 추정치는 일치하지만 효율적이지 못하므로 토빗모형을 ML 기법으로 추정할 경우, 이분산성(heteroskedasticity)이 존재하면서 불일치한 추정량을 얻게 되어 특정 설명변수가 종속변수에 미치는 효과가 과소 또는 과대하게 평가될 수 있다<sup>4)</sup> 이러한 이분산성을 고려한것이 토빗모형Ⅱ(type Ⅱ 토빗모형)이다.

토빗Ⅰ은 중도절단에 영향을 미치는 요인과 종속변수에 영향을 미치는 요인이 동일하고 같은 방향으로 영향을 미칠 경우 사용하여야 한다. 토빗Ⅱ는 자료가 무작위로 추출(Random Sampling)되었을 경우 통상적 최소제곱추정은 유효하며 표본의 추출이 무작위가 아닌 경우 통상적 추정방법은 문제가 있다. 본고에서는 효율성 척도를 비효율성 척도로 변환(normalization)한 다음, 변환된 비효율성 척도를 종속변수로 사용하는 Tobit 분석을 적용한다.<sup>5)</sup> 종속변수인 효율성 척도는 다음과 같이 정의한다.

$$DEA \text{ 효율성척도} = (1/\text{비효율성 척도}) - 1$$

### Ⅲ. DEA와 토빗모형을 이용한 실증분석

#### 1. 연구배경과 기존연구

초대형선의 재항시간을 단축시키기 위한 생산성 향상과 효율성 요구는 안벽의 컨테이너 크레인만으로 만족될 수 없다. 컨테이너 크레인(Container Crane : C/C)의 기계적 생산성과 실제 생산성과 효율성에 차이의 주요인은 컨테이너 크레인과 트랜스태이너 크레인(Transtainer Crane: 트랜스태이너크레인, RTGC, RMGC)과 야드 트랙터(Yard Tractors: Y/T)가 유기적 관계에 있기 때문이다. 즉, 컨테이너 크레인이 야드 트랙터 및 야드 크레인 때문에 대기하게 되는 작업 지연요인이 생기기 때문이다. 그런데 컨테이너 화물처리를 위한 효율성연구가 필요하다. 안벽에서의 효율성과 서비스 수준을 증가시킬 수 있도록 기존의 안벽 하역장비인 컨테이너크레인을 개선이 필요하며 연계된 하역시스템으로 안벽에서 야드로의 컨테이너 이송장비, 야드에서의 하역장비, 장치장의 운영시스템 등 상호간에 영향을 받게 된다.<sup>6)</sup>

3) 김현제·윤원철, “DEA 기법과 토빗모형을 활용한 효율성 차이에 대한 분석: 서울시 고등학교의 교육성과를 대상으로”, 「재정논집」, 제21권 제1호, 2006, pp.97-1141.

4) A. Arabmazar, P. Schmidt, “An Investigation of the Robustness of the Tobit Estimator to Non-Normality,” *Econometrica*, Vol. 50, 1982, pp. 1055-1063.

5) 모수원·이광배, “부산항과 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성”, 「한국항만경제학회지」 제26권 제2호, 한국항만경제학회. 2010, pp139-149.

6) 최용석·하태영, “컨테이너터미널의 장치장 레이아웃 설계방법”, 「한국항해항만학회지」, 제29권

터미널에서 안벽과 야드 간, 야드 내에서의 화물이 지체현상이 발생하게 된다. 이로 인하여 단순히 안벽 하역장비의 효율성을 향상시키는 것만으로는 터미널 전체의 효율성을 증대시키는 데 한계가 있다. 하역장비간의 연계성 강화와 장치장의 능력을 증대시켜 효율성 높임으로 경쟁력을 더욱 강화할 수 있을 것이다.

하역장비에서의 효율성과 서비스 수준을 증가시킬 수 있도록 하역장비인 컨테이너크레인, 트랜스테이너 크레인(RTGC, RMGC 등), 야드 트랙터가 유기적 관계를 가지며 작업이 운용된다. 연계된 하역시스템으로 하역장비에서 야드로의 컨테이너 이송장비, 야드에서의 하역장비, 장치장의 운영시스템 등 상호간에 영향을 받게 된다.

컨테이너가 안벽↔야드↔게이트 영역으로 이동할 때 각 영역별 사용되는 장비는 안벽에서 컨테이너 크레인, 안벽과 야드 간의 이동시 야드트랙터, 야드에서 적재시 컨테이너야드에서 트랜스테이너크레인, 야드에서 외부로 반출시 리치스태커와 탑 핸들러(R/S·T/H)가 사용된다. 컨테이너화물 흐름에서 수입 컨테이너 경우는 선박→컨테이너 크레인→야드 트랙터→RMGC→수입컨야드→RMGC→리치스태커와 탑 핸들러→ 게이트 순서로 화물이 이동된다.

환적 컨테이너 경우는 선박→컨테이너 크레인→야드 트랙터→RMGC→환적컨야드→RMGC→야드 트랙터→ 컨테이너 크레인→선박, 그리고 수출 컨테이너경우는 게이트→리치스태커와 탑 핸들러→RMGC→수출컨야드→RMGC→야드 트랙터→컨테이너 크레인 →선박으로 이동된다.7) 따라서 하역 장비는 고유한 작업영역이 있고 특정작업에 대한 다른 장비보다 우수성을 보이고 있으며 컨테이너터미널 작업에서는 여러 장비가 결합하여 사용되고 있어 생산성 및 효율성분석은 중요하다.

기존연구를 검토하여 보면 각 연구의 변수선택이 대부분의 유사하고 다양한 DEA 모형을 적용하여 항만의 효율성을 분석하고 있으며 각 연구에 사용된 투입요소와 산출요소는 연구자에 따라 상이하다. DEA를 토빗과 함께 분석한 운송관련 연구는 Hugh Turner et. al.,<sup>8)</sup> Cullinane et. al.,<sup>9)</sup> 모수원<sup>10)</sup> 모수원·이광배<sup>11)</sup>가 있다. 항공분야와 철도분야는 Scherega, C.A.<sup>12)</sup>, 이윤미·유재균<sup>13)</sup>이 있다.

제8호, 한국항해항만학회, 2005, pp. 741~746.

7) 최상희·하태영, "컨테이너터미널의 야드배치 형태별 생산성 분석에 관한 연구", 「해양정책연구」, 제21권1호, 해양수산 개발원, 2006, pp150-160,

8) Hugh. Turner, R. Windle, and Dresner. Martin, "North American containerport productivity: 1984 - 1997", *Transportation Research Part E* 40, 2004 pp339 - 356.

9) K.P.B. Cullinane, T. A. Wang, "The Technical Efficiency of Container Ports: Comparing Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis", *Transportation Research Part A* 40, 2006, pp354-374.

10) 모수원, "국내항만의 효율성결정요소", 「한국항만경제학회지」, 제24권 제4호, 2008, 한국항만경제학회, pp.349-361.

11) 모수원·이광배, "부산항과 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성", *ibid*, pp.139-149.

12) C.A. Scherega, "Operational Efficiency Versus Financial Mobility in The Global Airline Industry: a Data Envelopment and Tobit Analysis", *Transportation Research Part A*, Vol. 38., No. 5, 2004, pp. 383-404.

## 2. 분석 자료와 변수선정

DEA 모형을 분석에 적용시키는데 있어서 중요한 문제는 투입변수와 산출변수의 선정이다. 효율성 측정결과가 투입변수와 산출변수의 선택에 따라 전체적으로 크게 상이 할 수 있다. DEA 모형에서 변수의 선정에 대한 타당성 검증은 연구자의 자의적 판단에 따른다.

DMU가 유사성과 동질성이 클수록 상대적 효율성 측정이 유효하다. 컨테이너 터미널의 컨테이너 야드 하역작업은 거의 유사하여 각각의 DMU가 동일한 유형이라고 정의할 수 있다.

이것은 규격화된 유형의 컨테이너를 동일한 장비를 이용하여 하역작업을 진행하므로 동질성이 매우 높다. 따라서 효율성 비교 대상으로 매우 적합하다고 할 수 있다.

연구분석대상의 각 11개의 터미널은 유사한 컨테이너 터미널 시설, 하역장비, 종업자의 기술과 능력, 하역시스템, 동일한 하역조건 등을 사용하여 컨테이너화물 하역서비스를 제공하고 있다. 본 연구에서는 컨테이너터미널의 특성을 고려하여 환적화물에 대한 컨테이너 야드에서 하역장비의 효율성을 평가하려 하고 있다.

본 연구에서는 연구결과의 신뢰성을 높이기 위해 한국컨테이너부두공단에서 공식적으로 발표한 2006년 2007년, 2008년, 2009년 비교 대상의 주요 11개의 컨테이너 터미널에 관한 항만통계 자료를 활용하였다.

다음으로 연구의 방법은 4개의 투입요소와 1개의 산출요소를 이용한 실증분석을 하기 위해서 통계소프트웨어는 Scheel(2000)의 EMS(Efficiency Measurement System)와 DEA SOLVER vers1.0과 RATS Window 7.0을 사용하였다.

본 연구는 컨테이너 터미널의 효율성 측정을 위한 산출요소로서 연간 컨테이너 환적화물량으로 화물처리실적(TEU)을 사용하였다. 투입요소는 모두 4가지로써 겐트릭크레인(C/C)대 수, 트랜스태이너 크레인(T/C)대 수, 야드트랙터 (Y/T)대 수, 탑 핸들러와 리치스 태커(T/H·R/S)대 수를 변수로 이용하였다.

## 3. DEA와 토빗의 실증분석 결과

우리나라의 부산항과 광양항에서 운영되고 있는 컨테이너 터미널의 환적화물처리에 따른 효율성을 비교 분석함으로써 컨테이너터미널의 성과와 효율성 수준을 파악하고 준거 컨테이너터미널의 대상을 파악하고자 한다. 투입 및 산출요소의 상관관계를 보여주고 있다.<표1>.

<표1>은 트랜스퍼크레인과 야드 트랙터 대수 간에 가장 상관관계가 높다. 그 다음은 겐트릭크레인 대수와 야드 트랙터 대수 간에 관계가 있다. 산출요소인 환적량과는 겐트릭크

13) 이윤미·유재균, "DEA와 Tobit 모형을 이용한 철도산업 효율성 결정요인분석", 「한국철도학회 논문집」, 제2권 6호, 한국철도학회, 2009, pp.1030-1036.

레인 대수와 관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 물리적 공간보다 야드에서의 트래픽과 내부 하역장비간에 밀접한 관련이 있음을 설명하여 주고 있다.

<표 1> 투입물 및 산출물의 상관관계

구분	컨테이너 크레인	트랜스태이너 크레인	야드트랙터	리치스태커 · 탑 핸들러	환적량
컨테이너 크레인	1	0.8731	0.9192	0.6373	0.6852
트랜스태이너 크레인	0.8731	1	0.8985	0.5797	0.6899
야드트랙터	0.9192	0.8985	1	0.4789	0.5536
리치스태커 · 탑 핸들러	0.6373	0.5797	0.4789	1	0.8567
환적량	0.6852	0.6899	0.5536	0.8567	1

부산항과 광양항의 컨테이너터미널 야드를 CCR과 BCC 모형을 이용하여 효율성을 측정 한 결과가 <표2>에 나타나 있다. 컨테이너 터미널에서 CCR과 BCC모형의 효율성이 100%로 나타난 가장 효율적인 터미널은 신선대와 감만으로 3년동안 계속적으로 가장 효율성이 높았다.

규모효율성은 CCR 모형으로 평가된 효율성을 BCC모형으로 평가된 효율성으로 나눈 비율로 측정 되었다. 이 값이 1에 근접할수록 최적 규모에 가까운 것으로 해석할 수 있다. 규모수익불변(CRS)인 터미널은 자성대(2009년) 신선대(2006년, 2007년, 2008년, 2009년), 감만(2006년 2007년, 2008년)이다. 나머지 터미널은 규모수익체증(IRS)을 보여주고 있다. CCR 분석에서 광양항의 터미널은 효율성이 0.1이하로 낮은 효율성을 가지고 있다. 이는 광양항이 가지고 있는 구조적문제에 기인한 것으로 해석되어진다.

DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

<표2> DEA모형을 이용한 터미널 효율성 분석 결과

번호	DMU	연도	CCR	BCC	규모효율성	RTS	RTS of Projected DMU
1	GICT	2006	0.396	0.758	0.5219		Increasing
		2007	0.225	0.768	0.2936		Increasing
		2008	0.179	1.000	0.1788		Increasing
		2009	0.220	1.000	0.2200	Increasing	
2	KEC	2006	0.568	0.732	0.7764		Increasing
		2007	0.343	0.647	0.5302		Increasing
		2008	0.439	0.713	0.6154		Increasing
		2009	0.303	0.687	0.4416		Increasing
3	동부	2006	0.088	1.000	0.0883	Increasing	
		2007	0.011	1.000	0.0108	Increasing	
		2008	0.029	1.000	0.0288	Increasing	
		2009	0.055	1.000	0.0548	Increasing	
4	KIT	2006	0.097	0.531	0.1832		Increasing
		2007	0.085	0.570	0.1501		Increasing
		2008	0.115	0.712	0.1617		Increasing
		2009	0.048	0.681	0.0711		Increasing
5	자성대	2006	1.000	1.000	1.0000	Constant	
		2007	0.798	0.838	0.9527		Increasing
		2008	0.849	0.883	0.9616		Increasing
		2009	1.000	1.000	1.0000	Constant	
6	신선대	2006	1.000	1.000	1.0000	Constant	
		2007	1.000	1.000	1.0000	Constant	
		2008	1.000	1.000	1.0000	Constant	
		2009	1.000	1.000	1.0000	Constant	
7	감만	2006	1.000	1.000	1.0000	Constant	
		2007	1.000	1.000	1.0000	Constant	
		2008	1.000	1.0000	1.0000	Constant	
		2009	0.917	0.921	0.9961		Increasing
8	신감만	2006	0.975	1.000	0.9752	Increasing	
		2007	0.799	0.995	0.8035		Increasing
		2008	0.864	1.000	0.8642	Increasing	
		2009	0.619	0.947	0.6543		Increasing
9	우암	2006	0.886	1.000	0.8859	Increasing	
		2007	0.584	0.940	0.6209		Increasing
		2008	0.684	1.000	0.6838	Increasing	
		2009	0.516	1.000	0.5159	Increasing	
10	감천	2006	0.682	0.928	0.7356		Increasing
		2007	0.667	1.000	0.6671	Increasing	
		2008	0.647	1.000	0.6466	Increasing	
		2009	0.051	1.000	0.0505		Increasing
11	PNC	2006	0.188	0.363	0.5176		Increasing
		2007	0.155	0.244	0.6328		Increasing
		2008	0.450	0.502	0.8967		Increasing
		2009	0.192	0.293	0.6551		Increasing

<표3> Tobit 분석 모형 1-3

1	모형 1		모형 2		모형 3	
	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II
상수	119.08*(7.957)	114.2*(6.524)	112.0(6.909)	105.6*(5.679)	120.6*(8.100)	115.3*(6.709)
C/C	3.803(0.752)	3.244(-0.557)	-11.25*(-6.467)	-10.55*(-5.306)		
T/C	-16.92*(-3.110)	-15.77*(-2.496)			-13.04*(-7.635)	-12.42*(-6.316)
BS	1.93(0.445)	2.485(0.498)	5.956(1.300)	6.396(1.246)	3.548(0.933)	3.870(0.905)
D2007	6.977(1.670)	7.454(1.498)	6.212(1.360)	6.859(1.273)	6.721(1.608)	7.239(1.176)
D2008	3.229(0.763)	3.252(0.647)	1.107(0.0241)	1.174(0.218)	2.696(0.643)	2.766(0.566)
D2009	1.645(0.384)	1.583(0.313)	0.071(0.015)	0.138(0.025)	1.135(0.267)	1.134(0.230)
Sigma	9.196*		10.17*		9.243*	
LH	-133.42	-131.79	-133.7	-133.7	-133.7	-131.9
R <sup>2</sup>		0.654		0.579		0.650
F		9.139		8.277		11.16

주: 1. '\*'는 5%에서에서 유의함을, ( )안은 t값  
 2. BS는 부산항 터미널 더미변수이며, 나머지는 더미는 연도더미변수임  
 3. LH는 Likelihood임

<표4> Tobit분석 모형 4-6

2	모형 4		모형5		모형 6	
	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II
상수	114.7*(7.490)	121.0(7.045)	99.14(7.832)	94.58*(6.512)	116.4*(6.932)	124.0*(7.147)
Y/T	-8.314*(-3.364)	-4.535(-1.154)	-11.61*(-7.327)	-11.02*(-6.087)		
R/S · T/H	-4.326(-1.648)	-8.076*(-2.467)			-11.26*(-6.477)	-12.09*(-6.754)
BS	7.552(1.700)	12.06*(2.315)	3.436(0.876)	4.043(0.917)	8.720(1.813)	14.17*(2.799)
D2007	5.645(1.415)	6.468(1.391)	5.567(1.306)	6.141(1.222)	6.580(1.518)	7.063(1.498)
D2008	2.071(0.519)	2.297(0.497)	1.930(0.453)	2.000(0.402)	2.400(0.553)	2.519(0.536)
D2009	0.766(0.019)	1.122(0.263)	0.506(0.017)	0.520(0.103)	2.039(0.469)	2.093(0.444)
Sigma	8.912*		9.455*		9.831*	
LH	-133.8	-129.3	-135.1	-132.7	139.4	-130.5
R <sup>2</sup>		0.698		0.635		0.676
F		11.21		10.46		12.56

주: 1. '\*'는 5%에서에서 유의함을, ( )안은 t값  
 2. BS는 부산항 터미널 더미변수이며, 나머지는 더미는 연도더미변수임  
 3. LH는 Likelihood임

DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

<표5> Tobit분석 모형7-9

3	모형 7		모형8		모형9	
	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II
상수	185.4*(7.908)	181.6*(6.414)	127.1*(6.130)	120.3*(4.981)	188.1*(7.959)	183.9*(6.650)
Y/T	-3.646(-1.010)	-2.578(-0.579)	-15.07*(-5.806)	-14.09*(-4.673)		
R/S ·T/H	-15.44*(-3.856)	-15.82*(-3.185)			-18.70*(-7.621)	-18.15*(-6.353)
BS	13.18*(2.071)	14.97*(1.975)	-0.311(-0.048)	2.374(0.315)	13.75(2.149)	15.62(2.109)
D2007	11.77*(1.908)	10.75(1.399)	11.84(1.637)	11.09(1.242)	12.23(1.965)	10.89(1.437)
D2008	3.720(0.592)	2.584(0.329)	3.951(0.538)	3.398(0.372)	3.798(0.597)	2.448(0.316)
D2009	-0.783(-0.123)	-1.462(-0.184)	-2.045(-0.273)	-3.354(-0.364)	0.072(0.111)	-0.846(-0.109)
Sigma	12.98*		15.44*		13.13*	
LH	-130.8	-128.4	-137.2	-133.8	-131.3	-128.6
R <sup>2</sup>		0.681		0.511		0.676
F		8.905		6.404		10.89

- 주: 1. '\*\*'는 5%에서에서 유의함을, ( )안은 t값  
 2. BS는 부산항 터미널 더미변수이며, 나머지는 더미는 연도더미변수임  
 3. LH는 Likelihood임

<표6> Tobit분석모형10-12

4	모형 10		모형11		모형 12	
	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II	Tobit I	Tobit II
상수	146.0*(5.786)	138.1*(4.610)	139.1*(5.221)	131.1*(4.241)	148.3*(5.950)	140.4*(4.839)
C/C	4.355(0.513)	3.700(0.373)	-14.07*(-4.928)	-13.06*(-3.959)		
T/C	-20.54*(-2.274)	-18.83 <sup>a</sup> (-1.783)			-16.15*(-5.645)	-15.09*(-4.552)
BS	-2.898(-0.388)	0.190(0.021)	1.901(0.250)	5.104(0.583)	-1.045(-0.159)	1.808(0.238)
D2007	13.89(1.892)	13.24(1.434)	12.76(1.649)	11.62(1.215)	13.53(1.849)	12.84(1.424)
D2008	5.693(0.754)	5.189(0.542)	2.820(0.358)	1.910(0.195)	5.017(0.674)	4.503(0.487)
D2009	-0.210(-0.027)	-1.561(-0.161)	-2.596(-0.322)	-4.340(-0.438)	-0.932(-0.123)	-2.296(-0.247)
Sigma	15.60*		16.64*		15.66*	
LH	-137.6	-134.1	-140.1	-136.0		-134.2
R <sup>2</sup>		0.543		0.485		0.541
F		4.965		4.910		6.133

- 주: 1. '\*\*'는 5%에서에서 유의함을, ( )안은 t값  
 2. 'a'는 8%에서 유의함  
 3. BS는 부산항 터미널 더미변수이며, 나머지는 더미는 연도더미변수임  
 4. LH는 Likelihood임

<표3 >, <표4 >, <표5 >, <표6>은 Tobit분석을 이용하여 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러가 효율성에 미치는 영향을 보여주고 있다. 모형1, 모형2, 모형3은 종속변수가 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이며, 모형 1은 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인이 설명변수이며, 모형 2는 젠트리크레인, 모형 3은 트랜스테이너 크레인만을 설명변수로 투입한 경우이다. 모형 4, 모형5, 모형6은 모형1, 모형2, 모형3과 같이 종속변수가 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이나, 모형 4는 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러 두 변수를 설명변수로 이용한 경우이고, 모형 5와 모형 6은 각각 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러만을 설명변수로 투입한 경우이다.

모형7, 모형8, 모형9은 종속변수가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이며, 모형 7은 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 설명변수이며, 모형 8는 야드트랙터, 모형 9는 리치스태커·탑 핸들러만을 설명변수로 투입한 경우이다. 모형10, 모형11, 모형12는 모형7, 모형8, 모형9와 같이 종속변수가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이이다.

상기모형 10은 그러나 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인 두 변수를 설명변수로 이용한 경우이고, 모형 11과 모형 12는 각각 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인만을 설명변수로 투입한 경우이다.

<표 3>은 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이 종속변수인 경우이다. 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인 두 변수가 투입된 모형1에서 젠트리크레인은 5%에서 유의하지 않은데 비해 트랜스테이너 크레인은 Tobit I 과 TobitII 두 모형에서 음의 부호로 5% 수준에서 유의하다. 이것은 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시키는 요인이라는 것과 트랜스테이너 크레인이 젠트리크레인보다 효율성에 더 큰 영향을 미칠 가능성이 크다는 것을 의미한다. 또한 Tobit I 과 TobitII의 결과가 거의 유사하여 Tobit에 의한 차이는 존재하지 않는다. 부산항 터미널 터미변수가 유의하지 않아 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, TS에 의한 효율성으로 판단할 경우 광양항과 유의한 차이가 없다는 것도 보여주고 있다.

모형2와 모형3은 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인변수만을 설명변수로 투입한 경우이다. 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인이 음의 부호로 5% 수준에서 유의하여 젠트리크레인과 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시킬 수 있음을 보여주고 있다. 그런데 트랜스테이너 크레인의 계수가 젠트리크레인의 계수보다 커서 트랜스테이너 크레인이 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 모형 1. 모형 2, 모형 3 모두에서 연도터미변수가 유의하지 않아 기간별 효율성 차이는 없는 것으로 나타났다.

<표 4>는 <표 3>에서와 같이 젠트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이 종속변수로 투입된 결과를 보여주고 있다. 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러 두 변수를 설명변수로 투입한 모형 4의 Tobit I 에서 설명변수 야드트랙터는

## DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

5%에서 유의하나 리치스태커·탑 핸들러는 유의하지 않은데 비해 TobitⅡ에서는 리치스태커·탑 핸들러가 유의하고 야드트랙터가 유의하지 않다. 그런데 이분산이 클 경우 TobitⅠ에 의한 결과는 문제가 있는 것으로 알려져 있으므로 이분산을 조정한 TobitⅡ의 결과를 채택하여야 한다. 이에 따라 TobitⅡ에서 리치스태커·탑 핸들러가 5%에서 음의 부호로 유의하여 리치스태커·탑 핸들러의 증가가 겐트리크레인, 트랜스테인너 크레인, 환적량에 의한 효율성에 긍정적 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다. 또한 부산항 터미널 터미변수가 양의 부호로 5%에서 유의하여 리치스태커·탑 핸들러와 야드트랙터가 설명변수로 투입될 경우 부산항의 터미널 효율성이 광양항의 효율성보다 낮다는 것도 보여주고 있다.

야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러만을 투입한 모형 5와 모형 6에서 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 음의 부호로 5% 수준에서 유의하여 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 효율성 상승요인인 것으로 나타나고 있다. 그런데 리치스태커·탑 핸들러 계수가 야드트랙터 계수보다 커서 리치스태커·탑 핸들러가 겐트리크레인, 트랜스테인너 크레인, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 다만 두 계수의 차이가 크지 않아 효율성에 미치는 효과의 차이가 크지 않다. 모형 4, 모형 5, 모형 6 모두에서 연도터미변수가 유의하지 않아 기간별 효율성 차이는 없는 것으로 나타났다.

<표 5>는 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이 종속변수로 투입된 결과이다. 먼저 TobitⅠ과 TobitⅡ의 추정결과가 거의 유사하며, 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러 두 변수를 설명변수로 투입한 모형 7에서 설명변수 야드트랙터는 5%에서 유의하지 않으나 리치스태커·탑 핸들러는 음의 부호로 유의하여 리치스태커·탑 핸들러의 증가가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, TS에 의한 효율성에 긍정적 영향을 미친다는 것을 보여주고 있다. 또한 부산항 터미널 터미변수가 양의 부호로 5%에서 유의하여 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, TS에 의한 효율성에서 부산항 터미널 효율성이 광양항의 효율성보다 낮다는 것도 보여주고 있다. 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러만을 투입한 모형 8과 모형 9에서 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 음의 부호로 5% 수준에서 유의하여 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 효율성 상승요인인 것으로 나타나고 있다. 그런데 리치스태커·탑 핸들러 계수가 야드트랙터 계수보다 커서 리치스태커·탑 핸들러가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 미치고 있다. 모형 7, 모형 8, 모형 9 모두에서 연도터미변수가 유의하지 않아 기간별 효율성 차이는 없는 것으로 나타났다.

<표 6>은 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성이 종속변수인 경우이다. 겐트리크레인과 트랜스테인너 크레인 두 변수가 투입된 모형 10에서 겐트리크레인은 5%에서 유의하지 않은데 비해 트랜스테인너 크레인은 TobitⅠ에서 5%, TobitⅡ에서 8% 수준에서 음의 부호로 유의하다. 이것은 트랜스테인너 크레인의 증가가 효율성을 증가시키는 요인이라는 것과 트랜스테인너 크레인이 겐트리크레인보다 효율성에 더 큰 영향을 미칠 가능성이 크다는 것을 의미한다. 또한 TobitⅠ과 TobitⅡ의 결과가

거의 유사하여 Tobit에 의한 차이는 존재하지 않는다. 부산항 터미널 터미변수가 유의하지 않아 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, TS에 의한 효율성으로 판단할 경우 광양항과 유의한 차이가 없다는 것도 보여주고 있다.

모형 11과 모형 12는 젠트릭레인과 트랜스테이너 크레인변수만을 설명변수로 투입한 경우이다. 젠트릭레인과 트랜스테이너 크레인이 음의 부호로 5% 수준에서 유의하여 젠트릭레인과 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시킬 수 있음을 보여주고 있다. 그런데 트랜스테이너 크레인의 계수가 젠트릭레인의 계수보다 커서 트랜스테이너 크레인이 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 모형 10, 모형 11, 모형 12에서 연도터미변수가 유의하지 않아 기간별 효율성 차이는 없는 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

본 연구는 다수의 투입 및 산출 변수를 통해 상대적인 효율성을 파악할 수 있는 DEA 모형 중에서 CCR 모형과 BCC 모형을 이용하여 우리나라 주요 11개의 컨테이너 터미널에서 터미널 야드의 효율성을 비교·분석하였으며 이미 분석된 CCR 모형으로 평가된 효율성을 BCC 모형으로 평가된 효율성으로 나눈 비율로 규모의 효율성을 분석하였다.

컨테이너 터미널에서 CCR과 BCC모형의 효율성이 100%로 나타난 가장 효율적인 터미널은 신선대와 감만으로 2006년 2007년, 2008년, 2009년에 3년동안 계속적으로 가장 효율성이 높았다. CCR 분석에서 광양항의 터미널은 효율성이 0.1에도 미치지 못해 낮은 효율성을 보여주고 있다.

Tobit모형을 이용하여 젠트릭레인, 트랜스테이너 크레인, 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러가 효율성에 미치는 영향을 분석하였다. 모형1은 젠트릭레인과 트랜스테이너 크레인 두 변수가 투입된 모형1에서 트랜스테이너 크레인은 Tobit I 과 Tobit II 두 모형에서 음의 부호로 5% 수준으로 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시키는 요인이라는 것과 트랜스테이너 크레인이 젠트릭레인보다 효율성에 더 큰 영향을 준다는 것을 의미한다. 모형2와 모형 3은 젠트릭레인과 트랜스테이너 크레인이 음의 부호로 5% 수준에서 유의하여 젠트릭레인과 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시킬 수 있다. 모형 4는 Tobit II에서 리치스태커·탑 핸들러가 5%에서 음의 부호로 리치스태커·탑 핸들러의 증가가 젠트릭레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량에 의한 효율성에 긍정적 영향을 미친다. 모형5와 모형6은 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 효율성 상승요인이다. 모형7은 리치스태커·탑 핸들러는 음의 부호로 유의하여 리치스태커·탑 핸들러의 증가가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량에 의한 효율성에 긍정적 영향을 준다

## DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

고 판단된다. 모형 8과 모형 9는 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 효율성 상승요인인 것으로 나타나고 있으나 리치스태커·탑 핸들러 계수가 야드트랙터 계수보다 커서 리치스태커·탑 핸들러가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 준다. 모형10에서 겐트리카레인은 5%에서 유의하지 않은데 비해 트랜스테인너 크레인은 Tobit I에서 5%, Tobit II에서 8% 수준에서 음의 부호로 유의하다. 이것은 트랜스테인너 크레인의 증가가 효율성을 증가시키는 요인이라는 것과 트랜스테인너 크레인이 겐트리카레인보다 효율성에 더 큰 영향을 미칠 가능성이 크다는 것을 의미한다. 모형 11과 모형 12는 겐트리카레인과 트랜스테인너 크레인의 증가가 효율성을 증가시킬 수 있음을 보여주고 있으나 트랜스테인너 크레인의 계수가 겐트리카레인의 계수보다 커서 트랜스테인너 크레인이 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다.

컨테이너터미널의 생산성 증대를 시키기 위하여 겐트리카레인, 트랜스테인너 크레인, 야드트랙터, 탑 핸들러와 리치스태커간에 유기적 관계를 강화하는 운영이 요구된다.

컨테이너터미널 운영사 관점 컨테이너터미널 수는 감소하며 중심항만에서의 컨테이너화물은 증가하게 된다. 컨테이너터미널 운영사는 하역작업에서 시간을 단축하여 최적의 하역서비스를 제공하여야한다. 그런데 컨테이너터미널은 하역장비 대 수를 증가하여 생산성을 향상시키는데 한계가 있다. 따라서 기존 하역장비를 이용하여 저비용으로 고생산성을 확보할 수 있는 생산성 방안이 요구 된다. 본 연구에서는 하역장비 배차방식의 변경으로 하역생산성을 증가 방안을 제안하고 있으나 개별적으로 차별화된 컨테이너터미널 현장 상황이 고려되는 미시적이며 체계적 분석에 따른 연구에 한계를 가지고 있다. 향후, 하역 장비간에 효율적인 하역통합시스템에 관한 지속적 연구가 요구된다.

## 참 고 문 헌

1. 김현제 · 윤원철, "DEA 기법과 토빗모형을 활용한 효율성 차이에 대한 분석: 서울시 고등학교의 교육성과를 대상으로", 「재정논집」, 제21권 제1호, 2006, pp. 97-1141.
2. 김창범, "운송관련 서비스산업의 정태적, 동태적 효율성 분석", 「산업경제연구」, Vol.22, No.4, 한국산업경제학회, 2009, pp.1715-1724.
3. 모수원, "국내항만의 효율성결정요소", 「한국항만경제학회지」, 제24권 제4호, 한국항만경제학회, 2008, pp. 349-361.
4. 모수원 · 이광배, "부산항과 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성", 「한국항만경제학회지」, 제26권 제2호, 한국항만경제학회, 2010, pp.139-149.
5. 이윤미 · 유재균, "DEA와 Tobit 모형을 이용한 철도산업 효율성 결정요인분석", 「한국철도학회 논문집」, 제12권 6호 2009,, 한국철도학회, pp1.030-1036.
6. 박홍균, "환적화물의 컨테이너 터미널 효율성 분석", 「한국항만경제학회지」, 제26권 제1호, 한국항만경제학회, 2010, pp.1-19.
7. 손승태, "국내 은행의 경영효율성 비교연구", 한국개발연구원, 1993년, pp.64-82.
8. 최용석 · 하태영, "컨테이너터미널의 장치장 레이아웃 설계방법", 「한국항해항만학회지」, 제29권 제8호, 2005, pp. 741-746.
9. 최상희 · 하태영, "컨테이너터미널의 야드배치 형태별 생산성 분석에 관한 연구", 「해양정책연구」, 제21권1호, 해양수산개발원, 2006, pp.150-160,
- 10.한병섭, "한국진출기업의 조직간 연계성 구축 노력과 재무성과 간의 관계에 관한 연구", 산업연구원, 2003, 12, pp71- 78.
11. Athanasios Ballis., Golias, John, "Comparative Evaluation of Existing and Innovative Rail-Road Freight Transport Terminals", Transportation Research Part A 36., 2002, pp593-611.
12. Arabmazar, A. and Schmidt, P, "An Investigation of the Robustness of the Tobit Estimator to Non-Normality" ,Econometrica, Vol. 50, 1982, pp. 1055-1063.
13. Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W.W, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", Management Science, Vol.30, 1984, pp.1078-1092.
14. Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E, "Applied Data Envelopment Analysis", European Journal of Operational Research, Vol. 32, 1991, pp.1-15.
15. Charnes, A, Cooper, W. W, and E. L. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operational Research, 2, 1978, pp.429-444.
16. Scherega, C.A, "Operational Efficiency Versus Financial Mobility in The Global Airline Industry: a Data Envelopment and Tobit Analysis", Transportation Research Part A, Vol. 38., No. 5, 2004, pp. 383-404.
17. Wade D. Cook, Larry M. Seiford, "Data envelopment analysis(DEA)-Thirty years on", European Journal of Operational Research., Vol. 92., 2009, pp1-17.

< 요약 >

## DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인

박 홍 균

항만하역시설은 효율화는 항만 경쟁력의 핵심요소이다. 항만하역서비스강화를 위하여 주요항만 간의 경쟁이 심화되고 있다. 야드장비의 운영은 컨테이너터미널의 운영효율과 비용절감을 결정하는 아주 중요한 요소이다. 본 연구는 컨테이너터미널에 있어서 다양한 야드장비의 효율성에 미치는 영향을 분석하였다. 투입요소는 2006년 2007년, 2008년, 2009년에서 4가지의 겐트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러며 산출요소는 환적물동량이다. 컨테이너야드 운용의 효율성을 분석하고 Tobit분석을 이용하여 겐트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러가 효율성에 미치는 영향을 분석하였다. 모형1은 겐트리크레인과 트랜스테이너 크레인 두 변수가 투입된 트랜스테이너 크레인은 Tobit I 과 TobitII 두 모형에서 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시키는 요인이며 트랜스테이너 크레인이 겐트리크레인보다 효율성에 더 큰 영향을 준다 모형2와 모형 3은 겐트리크레인과 트랜스테이너 크레인이 겐트리크레인과 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시킬 수 있다. 모형 4는 TobitII에서 리치스태커·탑 핸들러가 리치스태커·탑 핸들러의 증가가 겐트리크레인, 트랜스테이너 크레인, 환적량에 의한 효율성에 영향을 미친다. 모형 5와 모형6은 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 효율성 상승요인이다. 모형7은 리치스태커·탑 핸들러는 리치스태커·탑 핸들러의 증가가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량에 의한 효율성에 영향을 준다 모형 8과 모형 9는 야드트랙터와 리치스태커·탑 핸들러가 효율성 상승요인이다. 리치스태커·탑 핸들러 계수가 야드트랙터 계수보다 커서 리치스태커·탑 핸들러가 야드트랙터, 리치스태커·탑 핸들러, 환적량을 이용하여 도출한 효율성에 더 큰 영향을 준다. 모형 10에서 겐트리크레인은 5%에서 유의하지 않은데 비해 트랜스테이너 크레인은 Tobit I 에서 5%, Tobit 2에서 8% 수준에서 음의 부호로 유의하다. 모형 11와 모형 12는 겐트리크레인과 트랜스테이너 크레인의 증가가 효율성을 증가시킬 수 있음을 보여주고 있다.

□ 주제어: DEA, 기술효율성, 컨테이너 터미널, Tobit 모형