

한국 5대 항만의 효율성에 대한 비교연구*

The Comparative Study on the Efficiency of Five Largest Seaports in Korea

나호수** · 이 우*** · 이경수****

목 차

- | | |
|------------|----------|
| I. 서론 | IV. 실증분석 |
| II. 문헌조사연구 | IV. 결론 |
| III. 실증방법론 | |

Key Words: Efficiency, DEA(Data Envelopment Analysis), Malmquist Index

Abstract

By using data envelopment analysis(DEA) this research measures the efficiency of Korea's five seaports and their Malmquist productivity from 1997 to 2006. Under the assumption of CRS(constant returns to scale) and VRS(various returns to scale), seaports' rankings of efficiency are measured. Busan port is confirmed as a best-performed port in the various measurements. Important finding facts are as follows. 1)Busan, Incheon and Ulsan seaports are efficient ports under the assumption of CRS and VRS. 2)Gwangyang port shows 4.3% lower efficiency level compared with efficient ports. 3)Pohang port shows 27.3% lower efficiency level compared with efficient ports. 4)Average total factor productivity of Korea's five ports has been lower at the rate of 3.1% during the period from 1997 to 2006. Main policy implications are 1)Busan port is more efficient than Gwangyang port, which reflects the difference of economic activities between two regional economies. 2)During the period 1997-2006, Korea's five largest ports has experienced lower efficiency levels in the first half period because of the 1997 Korean Financial Crisis, but higher efficiency levels in the second half period because of economic recovery. In future research the more and better data will be expected to improve the understanding of Korean seaports' efficiency characteristics.

▷ 논문접수: 2008.8.29 ▷ 심사완료: 2008.10.20 ▷ 게재확정: 2008.10.21

* 이 논문은 익명의 세 분의 논평자의 훌륭한 지적사항으로 많이 개선되었다. 감사를 드립니다.
한 분의 논평자께서는 세세한 지적을 해주셔서 본 논문의 결점들이 많이 보완되었기에 특별히 감사를 포함합니다.

** 한국해양대학교 국제무역경제학부 교수, nhs1030@hhu.ac.kr, 017-870-1737, 제1저자

*** 한국해양대학교 대학원 무역학과 박사과정, liyu1980@gmaul.com, 010-5676-6798, 공동저자

**** 한국해양대학교 대학원 무역학과 박사과정, hd2067@nate.com, 016-558-2067, 공동저자

I. 서론

1960년대 이래로 지난 수십여년 동안 한국은 세계에서 두 팔목할만한 경제성장을 이룩해 왔다. 특히 1990년대 이래로 한국에 이어서 중국을 포함한 극동지역 국가들은 빠른 경제성장을 구가하면서 이에 수반하여 국제무역량의 증가를 촉발시켜왔다. 최근에 급속하게 확산되고 있는 산업내무역과 부품의 아웃소싱의 확대에 따라 한국과 중국간의 무역물동량이 급증되고 있다. 이러한 추세에 따라 이들 한국과 중국간의 항만개발이 급속하게 진행되고 있으며, 특히 중국은 연 10%이상의 경제성장으로 인하여 급증하는 항만의 물동량처리수요에 대처하기 위하여 항만의 하부구조를 확충하는데 힘을 쏟고 있다.¹⁾ 이렇게 항만개발이 확대되면서 한국과 중국간의 경쟁도 점차 치열해지고 있다.²⁾ 한국정부는 한국의 항만의 경쟁력을 증대시키기 위하여 정부지원 프로그램을 시행해왔고 시설을 확충하고 서비스를 최신했고 항만마케팅을 활성화시키고 있다. 또한 항만의 효율성을 증대시키기 위하여 항만의 민영화(privatization)를 각국은 추진해 오고 있다.³⁾ 이러한 항만의 경쟁력을 제고하기 위한 노력이 확대되면서 항만의 경쟁력을 평가하는 다양한 요소들이 제시되고 있다.⁴⁾ 이러한 경쟁력의 요소들은 전체적인 요소들을 양적인 요소와 질적인 요소로 분류할 때 양적인 측면에서는 효율성의 측정을 통하여 항만간의 경쟁력을 비교할 수 있을 것이다. 최근에는 공항의 효율성측정에 이어 항만의 효율성에 대한 관심이 점차 증가되고 있다. 특히 컨테이너항만의 효율성에 대한 연구도 점차 증가되고 있다. 그러나 항만의 효율성을 측정하기 위하여는 항만의 효율성을 측정하는데 사용될 양적인 자료가 필수적임에도 불구하고 자료의 빈약으로 이 분야의 연구가 매우 제약되고 있는 현상이 발생되고 있다. 특히 동남아 신흥개도국의 항만에 대한 관심이 증대되고 있음에도 불구하고 통계자료가 부족하여 연구의 진척이 미진한 상태이다.

본 연구에서는 한국의 5대 항만인 부산항, 광양항, 인천항, 울산항, 포항항의 효율성을 분석하고자 한다. 기존에 흔히 사용되고 있는 DEA(Data Envelopment Analysis: 자료포괄 분석)방식을 활용하여 한국 5대 항만의 효율성을 측정하고 이를 지수형태로 측정해 제시

- 1) 동아시아지역의 항만개발이 급속하게 진행되는 이유는 이들 지역국가들이 수출주도형성장을 추구하면서 무역면서 무역확대를 통한 경제발전을 추구한 결과이다. 이에 따라 동아시아경제의 성장률은 다른 지역보다 훨씬 높게 나타났고 무역량의 증가율이 높아지면서 지난 20여년간 20%이상씩 컨테이너물동량이 증가하였다. 이에 대한 설명은 Yap and Lam(2006) 참조.
- 2) Yap and Lam(2006)에 따르면 동아시아의 주요 컨테이너 항만의 경쟁관계는 중국의 경제력 확장에 따라 더욱 가열될 것이고 이 과정에서 지난 30여년 동안에 한국의 부산항과 홍콩항이 상대적으로 더 많은 혜택을 얻고 있다고 지적하고 있다. 이 연구에서는 특히 부산 컨테이너항만의 경우 일본의 도쿄항만과 요코하마항만간에 경쟁관계가 있다는 점을 보여주고 있다.
- 3) 최근의 연구에 따르면 민영화의 정도가 높은 항만일수록 더 높은 효율성을 갖는다는 연구들이 제시되고 있다. 이에 대한 최근의 연구로는 Culliane, Ji, and T. F. Wang(2005)를 참조할 것.
- 4) Gi-Tae Yeo et al.(2008)에 의하면 항만경쟁력(Port competitiveness)의 요소로 38가지의 요소를 제시하고 있다. 이러한 요소들은 대부분 효율성과 관련된 것이다. 그러나 양적으로 측정되기 어려운 요소들이 많기 때문에 효율성측정에 사용될 수 없는 요소들이 많다.

하고 정책적 의미를 도출하고자 한다.

본 논문은 다음의 순서로 진행된다. 2절에서는 항만효율성측정과 관련하여 기존의 문헌 조사를 실시하고 실증연구와 이론연구를 소개한다. 3절에서는 항만효율성을 측정하기 위한 실증연구의 이론적인 배경을 제시하고자한다. 그리고 4절에서는 5대 항만의 실증자료를 적용하여 항만의 효율성을 비교하고 정책적 함의를 찾는다. 5절에서는 결론을 제시한다.

II. 문헌조사연구⁵⁾

항만의 효율성을 측정하는 방식으로는 양적인 접근방법으로 세가지의 방식이 도입되고 있다. 그 하나는 비율분석(ratio analysis)이고 다른 한 방법은 계량경제학적인 변경추정(frontier estimation)의 방식이고 다른 방식은 DEA(data envelopment analysis)이다.

Song and Cullinane(2001)는 아시아의 컨테이너항에 비율분석을 적용하였고 Roll and Hayuth(1993)은 DEA방법을 활용하기 위하여 재무보고서에서 횡단면자료를 추출하는 이론적인 설명을 제시하고 있다. Tongzon(2001)은 호주의 네 개항과 세계의 12개항의 횡단면자료를 사용하여 DEA측정치를 제시하고 있다. Martinez et al.(1999)는 스페인의 항만의 효율성을 측정하였다. Barros(2003a)는 포르투갈의 항만의 기술적 효율성과 배분적 효율성을 분석하였고. Barros(2003b)는 포르투갈항만의 총생산성의 변화를 2단계로 측정하였다. 즉 1단계에서는 맘퀴스트 지수(Malmquist index)를 추정하고 이어서 2단계에서는 토빗(Tobit)회귀분석을 시행하였다. Barros와 Athanassiou(2004)는 포르투갈과 그리스의 항만의 효율성을 비교하고 있다. Park and De(2004)는 11개의 한국항만의 효율성을 분석하였다. 항만의 효율성에 대한 기존의 연구는 Barros, C.P. and Shunsuke Managi(2008)에 잘 정리되어 있다.

그리고 한국의 항만 및 해운업체의 생산성측정에 대한 연구는 2000년 이후 활발하게 이루어지고 있다. 컨테이너 항만의 효율성에 대한 연구로는 Park(2002), 박길영 등(2005), 오성동·박노경(2005), 박병인(2005), 류동근(2005), 이석용·서창갑·(2006)이 있고 한국의 일반항만에 대한 효율성에 대한 연구로는 이정호(1998), 박노경(2005), 김안호·차용우(2005), Park(2006), 박노경·박길영(2007) 등이 있고, 해운업체의 효율성분석에는 이형석·김기석(2006)이 있다.

이러한 기존의 항만의 효율성을 측정하는 논문에서 몇 가지의 특징을 찾아볼 수 있다. 첫째, 입지가 중요하고 자본집약도의 역할은 적고 민간소유권 역시 중요성이 적다는 것이

5) 이 부분에 대한 설명은 주로 Barros and Managi(2008)의 설명에 의존하였고 최근에 연구된 외국의 연구와 국내의 연구 논문을 추가하였다. 이 저자들은 일본 항만의 효율성을 측정하고 효율성을 결정하는 추진요소(drivers)들을 회귀분석을 도입하여 제시하고 있다.

다(Liu(1995)). 둘째, 작은 규모의 항만이 큰 항만보다 더 효율적이고 자율성여부는 큰 영향이 없다는 것이다(Coto Millan et al.(2000); Tongsan(2001)). 셋째, 선진국 항만의 경우 과다투자(overcapitalization)가 있다는 것이다(Baños et al.(1999)). 넷째, 자본축적과 기술혁신을 통한 총생산성의 증가가 환영받고 있다는 것이다(Barros(2003b)). 다섯째, 규모의 경제, 비중립적 기술진보가 비용감소에 기여하고 반면에 순수한 기술변화는 비용증가에 기여한다는 것이다(Barros(2005)). 여섯째, DEA방식 만큼이나 항만연구에서는 경계모형(frontier model)도 많이 이용되고 있다는 것이다. 일곱째, 방법론의 발전은 미미하고 동일한 방법으로 반복적으로 매우 많은 연구가 이루어지고 있다는 점이다. 여덟째, 점차 국제 비교를 하는 연구가 많아지고 있다는 것이다.

이러한 연구의 경향을 갖는 기존의 연구에 대하여 이 연구는 다음의 특징을 갖는다. 첫째 한국에서 측정된 항만효율성에 대한 연구는 비교적 짧은 기간인 1년 내지 5년 이내의 기간에 대한 효율성 측정치가 주로 측정되고 있으나 본 연구는 최근의 10년동안의 효율성을 측정하여 비교함으로써 비교적 장기적인 항만효율성의 추세를 파악하는데 중점을 두었다. 둘째, 기존의 연구 중에서 10년 동안의 항만의 효율성을 측정한 연구가 있으나(Park(2006)), 하나의 항만을 대상으로 10년간의 효율성의 경향을 파악하고 있다. 그러나 이 연구에서는 한국의 5대 항만의 효율성을 비교함으로써 비교의 대상이 다수이기 때문에 생산의 경계(frontier)를 측정하는데 보다 안정적인 측정결과를 주어진 것으로 생각된다. 셋째, 기존의 한국의 항만연구는 항만 규모의 차이를 분류하여 분석하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 왜냐하면 항만의 규모의 차이가 큰 항만간의 비교는 생산경계의 연속적인 관계가 단절이 일어나 효율성의 측정치가 안정적으로 측정되기 어렵기 때문이다. 이 논문은 한국의 5대항만으로 규모가 비교적 비슷한 항만을 대상으로 10년간의 측정치를 비교한 측면에서 측정결과가 비교적 안정적인 결과로 주어질 수 있을 것으로 생각된다. 넷째, 최근 한국의 항만개발이 중국경제성장에 병행하여 경쟁적으로 이루어지고 있고 특히 대형항만의 경우 국가적으로 많은 투자가 이루어짐에도 이의 효율성에 대한 엄격한 평가와 이에 따르는 대안을 마련하는 것이 시급하다 하겠다. 이러한 점에서 이 연구는 한국의 대형항만의 효율성을 측정하고 정책함의를 도출하고자 하였다. 다섯째, 이 연구에서는 특히 부산항과 광양항의 비교를 통하여 대규모의 국가적인 항만투자의 효율성에 대한 평가를 할 수 있다는 점에서 연구의 의의가 있을 것이다.

III. 실증방법론

1. DEA 방법론⁶⁾

6) Coelli, T.J., Rao, P. and Battese, G.E.(1998)에는 DEA의 방법론에 대한 상세한 설명이 주어지고 있다.

DEA(Data Envelopment Analysis)모형은 여러 개의 투입과 산출로 구성된 생산경계(production frontier)를 추정하는 비모수적인 방법(non-parametric Method)이다. Farrell(1957)의 원리를 적용하여 Charnes et al. (1978)는 처음으로 "Data Envelopment Analysis"(자료포괄분석)이라는 용어를 사용하였는데 이 방법은 어떤 의사결정단위들(DMU: Decision-Making Units)의 생산경계(production frontier)를 추정하고 이들 DMU간의 상대적 효율성을 측정하는 방법이다. 이러한 상대적인 효율성을 측정하기 위하여 수학적 선형계획법을 이용한다.⁷⁾ 효율성은 주어진 기술상태하에서 최소의 자원투입으로 최대의 산출물을 생산할 수 있는 능력으로 정의된다. 따라서 효율성은 주어진 기술 하에서 일정한 생산량을 얻기 위하여 투입되는 투입물의 최소량을 투입하는 상태를 효율성에 도달하였다고 한다.⁸⁾ 또는 동일한 투입량을 가지고 최대의 생산량을 얻었을 때에도 역시 효율성에 도달되었다고 한다.⁹⁾ 효율성의 상태보다 더 많은 투입물이 투입되었거나 더 적은 산출량이 생산되었을 때 이 상태를 비효율적이라 한다. Farrell(1957)은 투입물을 증가시키지 않고도 효율성의 수준을 향상 시킴으로써 산출물이 증가될 수 있다는 점을 지적하였다. 즉 자원의 배분적 방식을 바꿈으로서 효율성의 수준이 증가될 수 있다는 점을 지적한 것이다.¹⁰⁾ 효율적 생산상태는 현재의 기술상태에서는 파레토 최적의 상태라고 할 수 있다. 파레토최적 상태는 다수의 투입물과 산출물인 존재하는 상황에서 투입물의 수준을 동일하게 유지하면서 동시에 몇 종류의 다른 산출물을 감소시키지 않고는 어떤 특정한 산출물을 더 이상 증가시킬 수 없는 상태를 말한다. 이러한 상태에 도달한 의사결정단위(DMU)를 효율적인 기업이라고 할 수 있다. 반대로 어떤 DMU의 입장에서 다른 투입물은 동일하게 유지한 상태에서 어떤 투입물을 감소시켜 동일한 생산물을 얻을 수 있는 다른 DMU가 존재한다면 이 DMU는 비효율적이라고 할 수 있다. 그리고 파레토최적상태는 시간의 경과에 따라 새로운 기술이 도입될 경우 달라질 것이다. 즉 파레토최적상태가 변화한다는 것이다. 이 경우 이전보다 더 높은 효율성에 도달하게 된다. 이 경우에는 시간의 경과에 따르는 효율성의 증가를 경험할 수 있다.¹¹⁾

이러한 파레토 최적상태와 관련하여 각 DMU의 효율성의 수준을 찾기 위한 방법의 하

7) 최근 많은 연구자들에 의해 쉽게 생산성을 측정하는 소프트웨어를 제시하고 있다. 또한 최근에는 다양한 프로그램 예를 들면 Mathematica라든지 Matlab이라든지 Gams라든지 수확분야나 공학분야의 프로그램을 이용하여 생산성을 측정하는 연구자들도 점차 증가하고 있다.

8) 이러한 효율성의 접근방법을 투입지향적 방법(input-oriented method)라고 부른다.

9) 이러한 효율성의 접근방법을 산출지향적 방법(output-oriented method)라고 부른다. 연구자에 따라 투입지향적인 방법으로 접근할 것인가 아니면 산출지향적으로 접근할 것인가는 산업의 특성이나 연구자의 선호에 의하여 결정된다. 최근에는 이러한 두가지 방식의 차이점을 극복하기 위한 연구들이 많이 등장하고 있다. 이러한 효율성의 측정치를 루엔버거 효율성 지표(Luenberger Efficiency Indicator)라고 부른다. 이 방식은 Luenberger(1992)의 제안에 따라 최근에 빈번히 사용되는 생산성의 측정방식이다. 이 방식은 투입지향성과 산출지향성을 절충한 형태의 생산성지표라고 할 수 있다.

10) 이를 배분적 효율성의 변화(allocative efficiency change)라고 부른다.

11) 이를 기술적 효율성의 변화(technical efficiency change)라고 부른다.

나로서 DEA는 비모수적인(non-parametric) 방법을 활용하여 생산의 프론티어를 추정하는 방식이 Farrell(1957)에 의해 처음으로 제안되었다. 그 이후 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)는 투입측면(input oriented)에서 효율성을 측정하기 위해 규모에 대한 수익 불변(constant returns to scale: CRS)을 가정하여 (즉, 모든 기업이 최적규모에서 생산활동을 하기 때문에 장기평균비용곡선이 수평인 부분에 놓여 있을 때에만) 이에 적합한 DEA 모형을 개발하였다.¹²⁾

그러나 만약, 경쟁이 불완전하거나, 재무상 제약조건 등이 존재할 경우에 개별 기업은 최적규모에서 생산할 수 없는 경우를 고려하여¹³⁾ Banker, Charnes and Cooper(1984)는 규모에 대한 수익가변(variable returns to scale: VRS)을 가정하여 기존의 DEA모형을 확장시켰다.¹⁴⁾ 이에 대한 구체적인 이론적 배경을 살펴보면 다음과 같다.

1) 기술적 효율성 측정에 대한 DEA 측정방식¹⁵⁾

DEA방식의 효율성 측정치를 도출하는 과정을 살펴보면 다음과 같다. 우선 어떤 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)는 보유하고 있는 기술을 활용하여 이용가능한 투입요소를 산출물로 변환시키는데, 이 때 투입된 투입요소와 생산된 산출물을 비교함으로써 기술적 효율성을 측정할 수 있다.

이러한 기술적 효율성을 측정할 때 우리는 여러 DMU의 투입물과 산출물의 양에 따라 이들의 조합을 다차원공간의 점들로 표시하고, 이 점들의 집합으로 이루어지는 볼록결합(convex combination)을 형성할 수 있다. 바로 이 볼록결합의 표면을 효율적 생산경계로 간주하고 각 DMU들의 효율성을 측정하게 된다.

이를 위해 Coelli et. al(2005)가 제시한 방식에 따라 N개 DMU가 K개의 생산요소를 투입해서 M개의 산출물을 생산한다고 가정하고, i번째 DMU는 생산요소벡터 x_i (첨자 i는 i번째 기업을 의미함)를 이용하여 산출물벡터 y_i (i번째 기업의 산출물의 벡터를 의미함)를 생산한다고 가정하자. 그리고 모든 DMU들의 효율성을 측정하기 위해서 모든 투입물 대비 모든 산출물의 비율을 구하면, 이러한 비율은 u 가 산출물 가중치인 $M \times 1$ 인 열벡터이고, v 가 투입물 가중치인 $K \times 1$ 인 열벡터인 곳에서 $u'y_i/v'x_i$ 이 된다. 즉, 분석대상이 되는 N개의 DMU 중 i번째 DMU의 기술효율성은 다음과 같이 선형계획모형으로 구해진다.

12) CRS를 가정한 DEA모형을 제안자의 이름을 따서 CCR모형이라고 부른다.

13) 이러한 경우에 CRS를 가정한 모형에서는 비효율적인 DMU로 취급되지만 불가항력적으로 비효율적으로 되는 경우를 고려하여 이들 DMU도 효율적인 기업으로 간주하고 효율성의 수준을 측정하기 위하여 VRS를 가정한 모형을 도입한 것임.

14) VRS를 가정한 DEA모형을 제안자의 이름을 따서 BCC모형이라고 부른다.

15) 이 부분에 대한 이론적 배경에 대하여는 Coelli 등(2005)의 제 3장 41-83을 참조하고 DEA의 구체적 적용과정에 대해서는 Coelli(1996)을 참조하였음.

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{u,v} (u'y_i / v'x_i), & (1) \\ \text{s.t.} & \quad u'y_j / v'x_j \leq 1, \quad j=1,2,\dots,N. \\ & \quad u, v \geq 0. \end{aligned}$$

따라서 식 (1)은 모든 효율적인 측정치들은 "1"보다 작거나 같아야한다는 제약조건 하에서 i 번째 기업의 효율성이 최대화되는 곳에서 u 와 v 가중치를 구하는 것을 보여준다. 그러나 이러한 문제의 해(solution)를 찾는 과정에서 하나의 값으로 주어지는 비율을 추정해 내는데 있어서 문제점은 이 식은 무한한 해들을 갖는다는 점인데, 이를 피하기 위해서 $v'x_i = 1$ 이라는 제약을 추가하고, 선형계획법의 쌍대정리에 따라 풀면 다음과 같은 CRS 모형을 도출할 수 있다. 이러한 과정을 거쳐 도출되는 효율성의 측정치를 도출하는 DEA모형이 바로 CCR모형이다.

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta,\lambda} \theta, & (2) \\ \text{s.t.} & \quad -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \quad \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

식 (2)에서 λ 는 제약식의 $N \times 1$ 상수벡터이고, θ 는 스칼라이다. θ 는 i 번째 DMU의 효율성지표를 나타낸다. 이 지표는 $0 < \theta \leq 1$ 을 만족할 뿐만 아니라, 만약 그 값이 "1"일 경우 프론티어 상에 있게 되어 DMU의 기술효율성이 최대라는 사실을 말해준다.

그러나, 이 CRS모형에서 만약 어떤 DMU가 최적규모에서 가동하고 있지 않을 때 투입이 과다하거나 산출이 부족한 경우를 비효율적인 것으로 구분은 할 수 있으나 하나의 수치(scalar)로 측정하지 못하는 어려움을 갖고 있다. 따라서 이러한 경우의 효율성의 측정수준을 정하기 위하여 규모에 대한 수익가변(variable returns to scale)의 가정을 도입하게 된다. 이러한 경우의 수리계획문제는 규모에 대한 수익불변의 가정하에 설정된 선형계획 문제에 볼록성의 제약조건(convexity constraints), $N1'\lambda = 1$ (여기에서 1은 숫자 1로 구성된 단위벡터를 의미하고 1'는 이 벡터를 행렬계산을 위해 열과 행을 바꾼 것을 의미함)을 부과함으로써 규모에 대한 수익가변(VRS)모형으로 변환된다. 이러한 DEA모형을 보통 BCC모형이라고 부른다.

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta,\lambda} \theta & (3) \\ \text{s.t.} & \quad -y_i + Y\lambda \geq 0 \end{aligned}$$

$$\theta x_i - \lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

식 (3)에서 1은 $N \times 1$ 의 단위벡터이다. 따라서 규모에 대한 수익가변의 가정하에서 도출된 DEA모형에서 구해진 기술적 효율성의 추정치는 규모수익불변 DEA모형 하에서 구해진 효율성 추정치의 크기와 같거나 큰 값을 갖게 된다.

2) DEA방식에 의한 규모의 효율성 측정

규모에 대한 수익가변의 가정을 DEA모형에 도입하는 것이 일반적 추세인데, 많은 연구들은 규모에 대한 수익불변의 DEA모형으로부터 구해진 기술적 효율성지수를 규모효율성의 지수와 순수한 기술적 효율성 지수의 두 부분으로 구별하고 있다. 그러나 이러한 방법으로 효율성정도를 측정할 때 규모의 효율성지수만으로는 해당 DMU가 규모에 대한 수익 증가인지 또는 수익감소 또는 수익불변인지를 구분할 수가 없다. 따라서 이 문제는 DEA모형에서 규모에 대한 수익비증가(non-increasing returns to scale: NIRS)의 가정¹⁶⁾을 도입함으로써, 즉 $N1'\lambda \leq 1$ 의 제약조건을 부여함으로써 해결할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{Min}_{\theta, \lambda} \theta & (4) \\ \text{s.t. } & -y_i + \lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - \lambda \geq 0 \\ & N1'\lambda \leq 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

그리고 규모에 대한 수익가변의 상태에서의 측정된 기술적 효율성지수와 규모에 대한 수익불변 모형하의 측정된 기술적 효율성 추정치와 차이로부터 규모의 효율성정도를 추정할 수 있다. 뿐만 아니라 규모에 대한 수익가변의 모형하의 기술적 효율성지수와 규모에 대한 수익비증가 모형하의 기술적 효율성지수와 차이로부터 해당기업이 규모수익 증가(즉, '규모의 경제') 혹은 감소(즉, '규모의 불경제') 혹은 불변 중 어느 상태에 놓여있는가를 구분할 수 있다.

결국, DMU의 '기술적 및 배분적 효율성' 분석에 사용한 식은 (2)와 (3)이고, '규모의 효

16) 규모수익비증가(non-increasing returns to scale: NIRS)는 가변적 규모수익가변(variable returns to scale: VRS)라고 부르기도 한다. 실증결과에서는 VRS의 용어를 사용한다.

율성'과 '규모의 경제' 및 '규모의 비경제' 측정을 위해 사용된 식은 (4)이다.

2. 맘퀴스트 생산성지수(Malmquist Productivity Index)¹⁷⁾

맘퀴스트 생산성지수는 소비이론의 틀 안에서 거리함수(distance function)의 비율로 투입지수를 계산할 것을 제안한 Malmquist에 의해서 최초로 개발되었다. 그 후 이러한 거리함수의 개념은 생산이론의 맥락에서 경제학적인 해석을 받게 되었고, 이 지수를 Malmquist 생산성지수라고 부르게 되었다. 그 후 Malmquist 생산성지수의 용도는 생산성 측정분야로 확대되었다. 이 지수의 도출과정은 다음과 같다.

어떤 DMU의 생산성이 시간의 경과에 따라 어떻게 변화하였는지는 맘퀴스트생산성 지수(Malmquist Productivity Index)를 이용하여 측정하다고 가정하자. 이때 t기의 투입산출량을 $(x(t), y(t))$ 로, t+1기의 투입산출량을 $(x(t + 1), y(t + 1))$ 이라 할 때 총요소 생산성(TFP)의 증가율 지수는 일반적으로 다음 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta TFP = \{y(t + 1)/x(t + 1)\}/\{y(t)/x(t)\} \quad (5)$$

이를 다수투입물과 다수산출물을 고려한 일반적인 경우로 확대하기 위하여 거리함수(distance function)를 사용하는데 거리함수는 DEA분석에서 기술효율성을 측정하는 Farrell 함수의 역수이다. 즉 투입지향 거리함수($D_i(t)(x(t), y(t)|C, S)$)와 Ferrell 효율함수 간의 관계는 다음과 같이 표현된다.

$$D_i(x(t), y(t)|C, S) = 1/F_i((x(t), y(t)|C, S)) \quad (6)$$

$D_i(x(t), y(t)|C, S)$ 에서 t는 t기의 기술(생산가능곡선)을 의미하며 하첨자 i는 투입지향을 의미하고 $(x(t), y(t))$ 는 t기의 투입물($x(t)$)과 산출물($y(t)$)를 의미한다, 그리고 괄호 안의 C는 규모에 대한 수확불변을, S는 산출물에 대한 강제분성(strong disposability) 가정이 성립함을 의미한다.

거리함수 식(6)를 식(5)의 생산성 변화율 정의에 대입하면 식(7)이 되고 이를 식(8)의 t기 맘퀴스트 생산성 지수($M_i(t)$)로 정의할 수 있다.

$$\Delta TFP = (y(t)/x(t))/(y(t + 1)/x(t + 1))$$

17) 맘퀴스트의 총생산성지수의 상세한 내용은 Coelli 등(2005)의 67-81을 참조할 것.

$$= (Di(t)(x(t), y(t)|C, S)) / (Di(t+1)(x(t+1), y(t+1)|C, S)) \quad (7)$$

$$Mi(t) = (Di(t)(x(t), y(t)|C, S)) / (Di(t)(x(t+1), y(t+1)|C, S)) \quad (8)$$

식(11)는 t기를 기준으로 한 맘퀴스트 생산성 지수(Mi(t))인데 t+1기의 기술을 기준으로 한 맘퀴스트 생산성 지수(Mi(t+1))는 식(9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Mi(t+1) = (Di(t+1)(x(t), y(t)|C, S)) / (Di(t+1)(x(t+1), y(t+1)|C, S)) \quad (9)$$

기준이 되는 기술에 구애받지 않는 생산성 지수를 구하기 위해 맘퀴스트 생산성 지수(Mi)는 식(10)과 같이 이 둘을 기하평균한 값으로 나타낸다.

$$Mi(x(t+1), y(t+1), x(t), y(t)) \\ = (Mi(t) Mi(t+1))^{1/2} \quad (10)$$

이 식을 적절히 변형하여 맘퀴스트 생산성변화지수(Mi; TFPC)는 기술적 효율성 변화지수(TTEC)와 기술변화지수(TC)로 분해할 수 있다. 즉 총요소생산성변화의 맘퀴스트 지수측정치 Mi (TFPC)는 기술적 효율성변화지수(TTEC)와 기술변화지수(TC)가 곱하여진 형태로 두 요소로 분할될 수 있다는 것을 의미한다.

$$TFPC = TTEC \times TC \quad (11)$$

이러한 계산식은 거리함수(distance function)의 규모에 대한 보수불변(CRS)를 가정한다. 또한 거리함수에 규모에 대한 수익가변(variable returns to scale)을 도입하여 기술적 효율성변화의 측정치(TTEC)를 규모의 효율성변화측정치(SEC)와 순수한 기술적효율성변화의 측정치(TEC)로 분할할 수 있다. 따라서 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$TFPC = TEC \times SEC \times TC \quad (12)$$

본 연구에서는 TTEC와 TC 그리고 TEC와 SEC의 구성요소들과 TFPC를 측정하여 그 결과를 제시한다.

VI. 실증분석

1. 자료설명

본 연구에서는 한국 5대 항만 즉 부산, 광양, 인천, 울산, 포항 항만의 효율성측정에 필요한 자료를 수집하였다. 산출로는 각 항만별로 물동량을 외항화물과 내항화물의 두종류로 나누어 사용하였고 투입요소로는 하역능력, CY면적, 부두안벽길이, 접안능력 등의 네가지의 투입자료를 사용하였다. 또한 시기는 1997년부터 2006년까지의 자료를 사용하였다. 이 자료들은 해양수산부의 공개자료를 사용하였다. 각 자료의 단위는 다음과 같다. 산출은 외항화물과 연안화물의 물동량 총톤을 사용하였고 하역능력은 백만TEU, 부두길이는 m로 표시되고, CY면적은 천제곱미터로, 하역능력은 천톤단위(M/T)로 측정되었다. 사용프로그램은 DEAP를 이용하였다. DEAP에서 사용된 방식은 투입지향적 방식을 채택하였다.¹⁸⁾

2. 측정결과

1) 5대 항만의 효율성의 측정결과

항만별로 CRS(규모에 대한 수익불변)일 경우와 VRS(규모에 대한 수익가변)을 가정하여 효율성을 측정하였다. CRS의 경우에는 항만별로 효율적인 경우(측정치 1.000)와 비효율적인 경우(1.0 미만)로 나타나고 있다. VRS의 경우에는 모두 효율적으로 나타나고 있다. 즉 규모의 경제가 변동가능하다고 가정할 경우에는 모든 항만이 생산의 경계(production frontier)에 놓여 있다는 것으로 이는 항만의 수가 5개이고 항만별로 자료 값이 차이가 많음에도 불구하고 모든 항만이 생산의 경계에 놓여 있다는 말이 된다. 측정된 결과는 <표 1>에 제시되고 있다.¹⁹⁾

18) DEAP프로그램은 Coelli, T. J.가 제공하는 프로그램으로 다음의 웹주소에서 얻을 수 있음. <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.htm>. 그리고 이 프로그램의 사용에 대하여는 이 웹주소에서 제공하는 Coelli, T.J., A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer)를 참조하기 바람.

19) 표에서 제시된 측정치들의 평균은 단순산술평균값을 이용하였다. 항만의 규모에 따른 가중평균도 의미가 있겠으나 대형항만에 의해 그 값이 좌우되는 경향을 갖게 될 것이다. 그러나 우리의 관심사는 각각의 의사결정체(DMU)를 독립적인 단일 의사결정단위로 생각하고 이들 각 의사결정단위를 동등한 비중으로 측정하는 것도 의미가 있을 것으로 보인다. DEAP의 프로그램에서도 단순산술평균치를 계산하여 제시하고 있다. 단순산술평균과 가중평균은 각각의 장단점이 있을 것으로 생각된다.

<표 1> 한국 5대 항만의 효율성의 측정치

구 분		부산항	광양항	인천항	울산항	포항항	평균
1997	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.600	0.920
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1998	CRS	1.000	0.832	1.000	1.000	0.675	0.901
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1999	CRS	1.000	0.887	1.000	1.000	0.636	0.905
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2000	CRS	1.000	0.849	1.000	1.000	0.646	0.899
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2001	CRS	1.000	0.937	1.000	1.000	0.602	0.908
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2002	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.582	0.916
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2003	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.861	0.972
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2004	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2005	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.975	0.995
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2006	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	0.697	0.939
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
평 균	CRS	1.000	0.951	1.000	1.000	0.727	0.936
	VRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

몇 가지의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 부산항, 인천항, 울산항의 경우는 CRS와 VRS 모든 경우에 효율적인 항만으로 측정되었다.

(2) 광양항의 경우에는 1997년에서 2006년까지의 CRS의 효율성 측정치의 평균치가 0.957로 나타나 효율적인 항만에 비해 약 4.3% 정도 효율성이 낮은 것으로 나타나고 있다.

(3) 포항항의 경우는 CRS의 가정에서 측정치가 0.727로 나타나 효율적인 항만에 비해 약 27.3%정도 효율성이 떨어지는 것으로 측정되었다.

(4) 광양항의 효율성은 2001년 이전에 주로 비효율적으로 나타나고 2002년 이후로는 효율적으로 나타나고 있으나 포항항의 경우에는 1997년부터 2006년 사이에 2004년을 제외하고는 비효율적으로 나타나 지속적으로 비효율성을 보여주고 있다.

2) 각 항만별 맘퀴스트(Malmquist)생산성지수 측정결과

(1) 부산항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

부산항의 경우 생산성 변화는 <표2>에 제시되고 있다. 측정된 맘퀴스트지수를 보면 순 효율성 변화, 규모의 변화, 효율성의 변화는 변화가 없으나 기술변화는 변동이 많은 것으로 나타나고 있다. 3개년도(1997-1998, 2004-2005, 2005-2006)년도를 제외하고는 기술진보가 있었던 것으로 나타나고 있고 평균적으로는 연평균 1.6%의 기술진보가 있었던 것으로 나타나고 있다. 이에 따라 총생산성의 변화도 연평균으로 볼 때 매년 1.6%씩 증가되어 온 것으로 측정되었다.

<표 2> 부산항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

구분	효율성변화 (TEC)	기술 변화 (TC)	순수한 효율성 변화(TEC)	규모의 효율성변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
1997-1998	1.000	0.876	1.000	1.000	0.876
1998-1999	1.000	1.121	1.000	1.000	1.121
1999-2000	1.000	1.089	1.000	1.000	1.089
2000-2001	1.000	1.187	1.000	1.000	1.187
2001-2002	1.000	1.099	1.000	1.000	1.099
2002-2003	1.000	1.097	1.000	1.000	1.097
2003-2004	1.000	1.072	1.000	1.000	1.072
2004-2005	1.000	0.732	1.000	1.000	0.732
2005-2006	1.000	0.962	1.000	1.000	0.962
평균	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016

(2) 광양항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

광양항의 경우 생산성 변화는 <표3>에 제시되고 있다. 측정된 맘퀴스트지수를 보면 순 효율성 변화, 규모의 변화, 효율성의 변화는 변화는 평균으로 보면 변동이 없으나 개별년도별로는 변동이 많이 나타나고 있다. 그리고 기술변화는 변동이 많은 것으로 나타나고 있다. 기술진보가 있었던 해와 기술변화가 후퇴된 해가 섞여서 나타나고 있다. 10년간의 평균은 0.977로 나타나고 있어 매년 평균 2.3%정도씩 기술변화가 후퇴한 것으로 나타나고 있다. 따라서 총생산성도 매년 2.3%감소되어온 것으로 측정되었다.

<표 3> 광양항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

구 분	효율성변화 (TTEC)	기술변화 (TC)	순순한 효율성 변화(TEC)	규모의 효율성 변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
1997-1998	0.832	0.955	1.000	0.832	0.794
1998-1999	1.066	1.041	1.000	1.066	1.110
1999-2000	0.958	0.965	0.876	1.094	0.924
2000-2001	1.103	0.850	1.117	0.987	0.937
2001-2002	1.068	1.014	1.022	1.045	1.083
2002-2003	1.000	1.065	1.000	1.000	1.065
2003-2004	1.000	0.920	1.000	1.000	0.920
2004-2005	1.000	0.987	1.000	1.000	0.987
2005-2006	1.000	1.018	1.000	1.000	1.018
평 균	1.000	0.977	1.000	1.000	0.977

(3) 인천항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

인천항의 경우 생산성 변화는 <표4>에 제시되고 있다. 부산항과 비슷하게 측정된 맘퀴스트지수를 보면 순효율성 변화, 규모의 변화, 효율성의 변화는 변화가 없으나 기술변화는 변동이 많은 것으로 나타나고 있다. 5개년도는 기술진보가 나타나고 4개년도는 기술후퇴가 나타나고 있다. 평균으로 볼 때 0.940으로 약 6%정도 기술변화가 후퇴적으로 나타나고 있다는 것을 보여주고 있다. 이에 따라 총생산성의 변화도 마찬가지로 연평균 6%정도씩 감소한 것으로 측정되었다.

<표 4> 인천항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

구 분	효율성변화 (TTEC)	기술변화 (TC)	순수한 효율성변화(TEC)	규모의 효율성 변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
1997-1998	1.000	1.223	1.000	1.000	1.223
1998-1999	1.000	0.577	1.000	1.000	0.577
1999-2000	1.000	1.093	1.000	1.000	1.093
2000-2001	1.000	1.006	1.000	1.000	1.006
2001-2002	1.000	0.885	1.000	1.000	0.885
2002-2003	1.000	1.229	1.000	1.000	1.229
2003-2004	1.000	0.729	1.000	1.000	0.729
2004-2005	1.000	1.024	1.000	1.000	1.024
2005-2006	1.000	0.912	1.000	1.000	0.912
평 균	1.000	0.940	1.000	1.000	0.940

(4) 울산항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

울산항의 경우 생산성 변화는 <표5>에 제시되고 있다. 부산항과 인천항과 비슷하게 맘퀴스트지수를 보면 순수한 효율성 변화, 규모의 효율성변화, 효율성의 변화측정치에서 볼 때는 변화가 없는 것으로 나타나고 있으나 기술변화는 변동이 많은 것으로 나타나고 있다. 2개년도만 기술진보가 나타나고 7개년도는 기술후퇴가 나타나고 있다. 평균으로 볼 때 0.919으로 약 8%정도 기술변화가 후퇴적으로 나타나고 있다는 것을 보여주고 있다. 총생산성의 변화도 마찬가지로 연평균 8%정도씩 감소한 것으로 측정되고 대부분의 해에 총생산성이 감소된 것으로 나타나고 있다.

<표 5> 울산항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

구 분	효율성변화 (TTEC)	기술변화 (TC)	순수한 효율성변화(TEC)	규모의 효율성변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
1997-1998	1.000	0.901	1.000	1.000	0.901
1998-1999	1.000	0.977	1.000	1.000	0.977
1999-2000	1.000	0.946	1.000	1.000	0.946
2000-2001	1.000	0.823	1.000	1.000	0.823
2001-2002	1.000	1.110	1.000	1.000	1.110
2002-2003	1.000	0.792	1.000	1.000	0.792
2003-2004	1.000	0.999	1.000	1.000	0.999
2004-2005	1.000	0.772	1.000	1.000	0.772
2005-2006	1.000	1.007	1.000	1.000	1.007
평 균	1.000	0.919	1.000	1.000	0.919

(5) 포항항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

포항항의 경우 생산성 변화는 <표6>에 제시되고 있다. 포항항의 경우에는 다른 항만과는 다르게 순효율성의 변화를 제외하고는 효율성의 변화, 기술변화, 규모의 변화, 총생산성의 변화가 매우 변동이 심하게 나타나고 있다. 규모의 변화는 평균치가 1.017로 나타나 규모의 경제 효과가 연평균 1.7%씩 나타나고 있고 효율성변화도 마찬가지로 연평균 1.7%씩 나타나고 있다. 기술변화는 평균치가 0.978로 나타나 연평균 2.2%정도씩 기술변화가 후퇴한 것으로 나타나고 있다. 따라서 총생산성의 평균치는 0.995로 나타나 0.5%정도씩 연평균 총생산성이 감소된 것으로 나타나고 있다.

<표 6> 포항항의 효율성에 대한 맘퀴스트 지수 측정치

구 분	효율성변화 (TTEC)	기술변화 (TC)	순수한 효율성변화(TEC)	규모의 효율성변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
1997-1998	1.124	0.895	1.000	1.124	1.006
1998-1999	0.942	1.085	1.000	0.942	1.022
1999-2000	1.016	1.020	1.000	1.016	1.037
2000-2001	0.931	1.074	1.000	0.931	1.000
2001-2002	0.968	1.039	1.000	0.968	1.006
2002-2003	1.478	1.016	1.000	1.478	1.501
2003-2004	1.162	0.848	1.000	1.162	0.985
2004-2005	0.975	0.960	1.000	0.975	0.936
2005-2006	0.715	0.898	1.000	0.715	0.642
평 균	1.017	0.978	1.000	1.017	0.995

3) 5대항만의 효율성변화에 대한 연도별 맘퀴스트지수 측정치 (1997-2006)

<표7>에는 5개 항만의 측정치의 평균값을 연도별로 제시한 것이다. 평균치를 볼 때 순 효율성의 변화는 변동이 없으나 효율성의 변화는 1.003으로 매년 0.3%정도씩 효율성이 증대된 것으로 나타나고 있다. 그리고 기술변화는 0.966으로 나타나 5대항만의 평균으로 볼 때 기술변화는 연평균 3.6%씩 후퇴한 것으로 나타났다. 그리고 총생산성의 변화는 0.969로 나타나 3.1%씩 총생산성이 감소된 것으로 나타나고 있다.

<표 7> 한국 5대항 효율성변화에 대한 연도별 맘퀴스트 지수의 평균 측정치 (1997-2006)

구 분	효율성변화 (TTEC)	기술변화 (TC)	순수한 효율성변화(TEC)	규모의 효율성 변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
1997-1998	0.987	0.962	1.000	0.987	0.949
1998-1999	1.001	0.935	1.000	1.000	0.936
1999-2000	0.995	1.021	0.974	1.021	1.015
2000-2001	1.005	0.979	1.022	0.983	0.984
2001-2002	1.007	1.026	1.004	1.002	1.033
2002-2003	1.081	1.029	1.000	1.081	1.113
2003-2004	1.030	0.906	1.000	1.030	0.933
2004-2005	0.995	0.887	1.000	0.995	0.882
2005-2006	0.935	0.958	1.000	0.935	0.896
평 균	1.003	0.966	1.000	1.003	0.969

4) 한국 5대항의 효율성변화에 대한 맘퀴스트 지수의 평균 측정치(1997-2006)

<표8>에는 5개 항만 각각의 생산성변화에 대한 측정치를 제시한 것이다. 여기에서 보면 부산항은 총생산성이 1.6%정도씩 증대되어 왔으나 나머지 항만은 총생산성이 감소되어온 것으로 나타나고 있다. 총생산성변화의 순위를 보면 부산항, 포항항, 광양항, 인천항, 울산항의 순서로 나타나고 있다. 규모의 변화는 포항항만 약간의 규모의 경제가 있는 것으로 나타나고 있다.

<표 8> 한국 5대항의 효율성변화에 대한 맘퀴스트 지수의 연평균 측정치(1997-2006)

구 분	효율성변화 (TTEC)	기술변화 (TC)	순수한 효율성변화(TEC)	규모의 효율성 변화(SEC)	총생산성변화 (TFPC)
부산항	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
광양항	1.000	0.977	1.000	1.000	0.977
인천항	1.000	0.940	1.000	1.000	0.940
울산항	1.000	0.919	1.000	1.000	0.919
포항항	1.017	0.978	1.000	1.017	0.995
평 균	1.000	0.966	1.000	1.003	0.969

V. 결론

지금까지 본 연구에서는 한국 5대 항만에 대하여 1997년부터 2006년까지의 효율성을 측정하고 비교하였다. 본 연구에서 얻어진 몇 가지 주요한 사실들을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 부산항, 인천항, 울산항의 경우는 CRS와 VRS 모든 경우에 효율적인 항만으로 측정되었다. 둘째, 광양항의 경우에는 1997년에서 2006년까지의 CRS의 효율성 측정치의 평균치가 0.957로 나타나 효율적인 항만에 비해 약 4.3% 정도 효율성이 낮은 것으로 나타나고 있다. 셋째, 포항항의 경우는 CRS의 가정에서 측정치가 0.727로 나타나 효율적인 항만에 비해 약 27.3%정도 효율성이 떨어지는 것으로 측정되었다. 넷째, 광양항의 효율성은 2001년 이전에 주로 비효율적으로 나타나고 2002년 이후로는 효율적으로 나타나고 있으나 포항항의 경우에는 1997년부터 2006년 사이에 2004년을 제외하고는 비효율적으로 나타나 지속적으로 비효율성을 보여주고 있다. 다섯째, 5대항만의 평균으로 볼 때 순효율성의 변화는 변동이 없으나 효율성의 변화는 매년 0.3%정도씩 효율성이 증대된 것으로 나타나고 있고 기술변화는 연평균 3.6%씩 후퇴한 것으로 나타났고 따라서 총생산성의 변화에서는 3.1%씩 총생산성이 감소된 것으로 나타나고 있다. 여섯째, 부산항은 총생산성이 1.6%정도씩 증대되어 왔으나 나머지 항만은 총생산성이 감소되어온 것으로 나타나고 있고 총생산성변화의 순위를 보면 부산항, 포항항, 광양항, 인천항, 울산항의 순서로 나타나고 있다. 규모의 변화는 포항항에서만 약간의 규모의 경제가 있는 것으로 나타나고 있다.

이러한 발견된 사실로부터 얻어지는 정책적인 함의(implications)는 다음과 같다.

첫째, 90년대 이후 개발된 광양항에 비하여 부산항이 보다 효율적인 경우가 많다는 것은 광양항의 경우 시설규모에 비해 물동량의 수요가 낮은 때문인 것으로 판단된다. 최근 10년간의 측정결과에서 볼 때 부산항의 경우 총생산성의 증가율이 연평균 1.6%이었으나 광양항은 약 4.3%의 감소로 나타난 것이다. 따라서 광양항의 항만효율성을 제고하기 위한 여러 가지 방안이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

둘째, 한국 5대항만은 지난 10년동안 평균적으로 3.1%의 총생산성감소를 가져왔다는 것은 주목할 만한 점이다. 부산항은 제외하고 나머지 4개의 항만은 총생산성의 감소를 가져온 것으로 볼 때 부산항을 제외한 나머지 4개 항만의 효율성을 증대시키기 위한 방안을 찾아야 할 것으로 생각된다. 최근에 지방자치단체별로 추진되는 항만에 대한 과다한 투자를 지양하고 경제규모에 적합한 항만의 규모에 대해 연구를 할 필요가 있을 것으로 보인다. 항만에 대한 과다한 투자는 우리나라 자원배분의 비효율적 배분으로 나타나 성장잠재력을 감소시킬 것이다. 특히 항만에 대한 투자는 천문학적인 금액의 비용이 투입되는 만큼 항만투자의 효율성에 대하여 신중하게 검토되어야 할 것으로 생각된다.

셋째, 1997년부터 2006년까지의 5대항만의 효율성의 추세에서 볼 때 규모수익불변을 가정할 때 전반기(1997년-2001년)에 비하여 후반기(2002-2006)년에는 항만의 효율성이 증가하고 있다는 점이다. 이러한 현상은 한국경제가 IMF외환위기의 시기인 1997년부터 구조조정

기를 거치면서 낮은 항만효율을 보였으나 2002년 이후 외환위기에 벗어나 경제가 회복되면서 한국의 5대항만의 효율성도 증대되었다는 것이다. 따라서 항만의 효율성도 경제적인 경기순환과 병행된다는 사실이다. 경제성장율이 높은 시기에는 항만의 효율성도 높아진다는 것을 알 수 있다. 따라서 우리나라 경제의 성장잠재력을 향상시키는 것은 항만의 효율성을 증가시키는데 기여할 수 있다고 할 수 있을 것이다.

넷째, 포항항의 효율성이 매우 낮게 나타나고 있는데 지난 10년간의 추세 중에 특히 1997년 초반부에 특히 낮은 총생산성증가를 보여준다는 점이다. 이러한 현상은 IMF위기 당시 국내 철강수요의 상대적인 감소와 관련된 것으로 보인다. 경제활동의 위축으로 제조업생산활동이 저하되면서 철강물동량이 감소된 것과 관련된 것으로 보여진다. 따라서 철강수요의 회복이 이루어진 2000년 이후에는 비교적 높게 총생산성이 측정되었던 것은 시사하는 바가 크다고 하겠다.

다섯째, 효율성의 변화와는 대조적으로 총생산성의 변화는 2002년 이후 오히려 떨어지고 있는데 그 원인이 주로 기술변화의 저하로 인하여 나타나고 있다는 것이다. 즉 2000년대 들어서면서 5대 항만의 경우 기술변화가 오히려 감소되는 방향으로 나타난다는 것으로 이러한 현상은 기존의 항만에 투입된 투입요소(항만시설 등)를 효율적인 항만수준에 근접되게 사용하는 방법으로 개선이 이루어진 반면에 현재의 주어진 규모에서 기술혁신(경영구조개선이나 항만운영혁신)을 통하여 기술진보가 야기되도록 하는데 소홀하게 한 것이라는 해석이 가능하다. 즉 기술혁신을 통한 항만의 기술진보를 이룩하는 방안을 찾아야 한다는 정책적 시사점이 제시될 수 있을 것이다. 특히 기술변화의 경우 울산항이 낮게 나오는 현상에 대한 원인을 찾아보아야 할 것으로 보인다. 이러한 현상은 아마도 울산항의 경우 주력 수출상품인 자동차 및 화학제품의 수출수요의 둔화가 있었던 년도가 큰 영향을 미쳐서 평균적인 기술변화가 낮게 나온 것으로 보인다. 이 시기의 경우 비교적 기술혁신의 노력이 소홀하게 된 것으로 추정해볼 수도 있을 것이다.

본 연구는 여러 가지 제한점이 있다. 우선 산출요소를 두개로 한정하였는데 이를 화물종류별로 나누어 측정하는 방법으로 확장하는 것도 검토할 필요가 있다. 투입요소에서는 시설요소의 경우 비교적 잘 반영되고 있으나 시설요소간의 중첩된 성격이 있으므로 이에 대한 중복성이 나타나지 않는 투입요소의 선정이 필요할 것으로 보인다. 그리고 노동투입요소를 고려하는 것도 필요하다. 아울러 항만별로 아웃소싱의 정도에 대한 차이점도 고려하는 것이 필요할 것으로 보인다. 앞으로 이 연구는 다음과 같은 방향에서 연구된다면 보다 풍부한 연구결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 비모수적인 방법과 병행해서 모수적인 방법을 활용하여 생산성을 측정할 필요가 있다. 이와 아울러 최근에 많이 사용되는 거리함수(distance function)를 이용한 생산성측정방법도 활용할 필요가 있다. 외국의 항만과 비교하는 연구도 필요할 것으로 생각되고 특히 중국의 항만과 일본의 항만들과의 효율성을 비교하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 김안호, 차용우, "국내무역항만의 효율성변화분석: 맵퀴스트접근," 『한국항만경제학회지』 제 21집 제2호, 한국항만경제학회, 2005. 6, pp.173-188.
2. 류동근, "국내 컨테이너 전용터미널의 효율성비교: DEA접근", 『해운물류연구』 제47호, 한국해운학회, 2005. 12, pp.21-38.
3. 박길영, 오성동, 박노경, "컨테이너항만의 경쟁력 측정방법: AHP와 DEA접근", 『한국항만경제학회지』 제 19집 제2호, 한국항만경제학회, 2005. 6, pp.133-151.
4. 박노경, "국내항만의 행정서비스 경쟁력 측정: DEA접근," 『한국항만경제학회지』 제 20집 제2호, 한국항만경제학회, 2004. 6, pp.35-52.
5. 박노경, 박길영, "항만효율성 측정 자료의 정규성과 변환불변성 검증 소고: DEA접근," 『한국항만경제학회지』 제 23권 제2호, 한국항만경제학회, 2007. 6, pp.109-120.
6. 박병인, "DEA 및 시뮬레이션에 의한 컨테이너 터미널의 효율성분석", 『경영과학』 제 19권 제 2호, 한국경영과학회, 2005. 11, pp.77-97.
7. 오성동, 박노경, "컨테이너항만의 국제경쟁력분석방법: DEA접근", 『한국항만경제학회지』 제 17집 제1호, 한국항만경제학회, 2001. 3, pp.27-51.
8. 이석용, 서창갑, "항만유형분류를 통한 국내 컨테이너터미널의 효율성 평가에 관한 연구," 『대한경영학회지』 제 19권 제6호, 2006. 12, pp.2237-2260.
9. 이정호, "DEA기법에 의한 한국수출입항만의 효율성측정에 관한 연구," 『한국항만경제학회지』 제 14권, 한국항만경제학회, 1996. 8, pp.39-58.
10. 이형석, 김기석, "DEA 모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적 동태적 효율성분석", 『대한경영학회지』 제 19권 제 4호, 2006. 8, pp.1197-1217.
11. Baños Pino J., Coto, Millan P. and Rodriguez, Alvarez, A., "Allocative Efficiency and Overcapitalisation: an Application", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 2, 1999, 181-199.
12. 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.
13. Barros, C. P. and Athanassious, M., "Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 6, 2004, pp.122-140.
14. Barros, C.P., "Incentive Regulation and Efficiency of Portuguese Port Authorities", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 5(1), 2003-a, pp.55-69.
15. Barros, C.P., "The Measurement of Efficiency of Portuguese Seaport Authorities with DEA", *International Journal of Transport Economics*, 30(3), 2003-b, pp.335-354.
16. Barros, C.P. and Shunsuke, Managi, *Productivity Drivers in Japanese Seaports*, Working Paper, School of Economics and Management, Technical Univ. of Lisbon, 2008.
17. Barros, C.P., "Decomposing Growth in Portuguese Seaports: A Frontier Cost Approach", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 7(4), 2005, p.315.
18. Charnes, A, Cooper, WW and Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2(6), 1978, pp.429-444.
19. Coelli, T.J., A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis(Computer) Program, CEPA Working Papers, No. 8/98, 1996.
20. Coelli, T.J., Rao, P. and O'Donnell, C. J., and Battese, G.E., *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer Press, 2005.
21. Coto, Millan P., Baños, Pino J. and Rodrigues, Alvarez, A., "Economic Efficiency in Spanish Ports: Some Empirical Evidence", *Maritime Policy & Management*, Vol. 27(2), 2000, pp.169-175.
22. Cullinane, K., Ji P. and Teng-fei, Wang, "The Relationship between Privatisation and DEA

- Estimates of Efficiency in the Container Port Industry", *Journal of Economics and Business*, Vol. 57, 2005, pp.403-462.
23. Färe, R., Grosskopf, S. S., and Lovell, C. A. K., *Production Frontiers*, Cambridge University Press. 1994.
 24. Farrell, M.J., "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, Vol. 120 (3), 1957, pp.253-290.
 25. Liu, Z., "The Comparative Performance of Public and Private Enterprises", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 29, No. 3, 1995, pp.263-274.
 26. Luenberger, D. G., Benefit Function and Duality, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 21, 1992, pp.461-481.
 27. Park, Ro Kyung, " A Trend Analysis on Scale Efficiency of the Port of Gwangyang: 1994-2004", *Journal of Port Economic Association*, Vol. 22(3), 2006. 9, pp.59-78.
 28. Park, Ro Kyung, " An Analysis of the Productive Efficiency and Competitive Strength of Container Ports using the DEA, Super-efficiency, and FDH Methods", *Journal of Port Economic Association*, Vol. 18(3), 2002. 9, pp.3-26.
 29. Park, Ro Kyung and De, Prabir, "An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports", *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 6, 2004, pp.53-69.
 30. Roll, Y. and Hayuth, Y., "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis (DEA)", *Maritime Policy and Management*, Vol. 20(2), 1993, pp.153-161.
 31. Song, D.W. and Cullinane, K., "The Administrative and Ownership Structure of Asian Container Ports", *International Journal of Maritime Economics*, Vol. 3(2), 2001, pp.175-197.
 32. Tongzon, Jose, "Efficiency Measurement of selected Australian and \other international ports using data DEA", *Transportation Research Part A, Policy and Practice*, Vol. 35(2), 2001, pp.113-128.
 33. Yap, Wei Yim and Jasmine, S. L. Lam, "Competition dynamics between container ports in East Asia", *Transportation research Part A*, Vol. 40, 2006, pp.35-51.
 34. Yeo, Gi-Tae, Roe, Michael , and John, Dinwoodie, "Evaluating the competitiveness of container ports in Korea and China", *Transportation Research Part A*, Vol. 42, 2008, pp.910-921.

< 요약 >

한국 5대 항만의 효율성에 대한 비교연구

나호수 · 이 우 · 이경수

이 연구는 DEA방식을 사용하여 1997년부터 2006년의 기간에 대하여 한국의 5대 항만의 효율성을 측정하고 아울러 맘퀴스트 생산성지수를 측정하고 비교한다. 규모에 대한 수익 불변(CRS)과 규모에 대한 수익가변(VRS)을 가정하여 항만의 효율성수준을 측정한다. 부산이 가장 효율성이 높은 항만으로 측정되었다. 발견된 내용은 다음과 같다. 1)부산항, 인천항, 울산항은 CRS와 VRS에서 효율적인 항만으로 나타났다. 2)광양항은 효율적인 항만에 비하여 4.3%정도 낮은 효율성을 보여 주었다. 3)포항항은 효율적인 항만에 비해 27.3% 낮은 효율성을 보여 주었다. 4)한국의 5대 항만의 총요소생산성은 1997년에서 2006년 사이에 매년 3.1%정도씩 낮아졌다. 몇 가지의 정책함의는 다음과 같다. 1)부산항이 광양항보다 효율적으로 나타났는데 이는 두 지역경제의 경제활동의 차이를 반영하는 것으로 보인다. 2)1997년에서 2007년 사이에 한국의 5대 항만은 전반부의 기간에는 1997년의 한국의 금융 위기로 인하여 낮은 효율성수준을 보여주었으나, 후반부의 기간에는 경제회복으로 더 높은 효율성을 시현하였다. 미래의 연구에서는 더 풍부하고 신뢰성 있는 자료를 활용하여 한국의 항만의 특징을 더 잘 이해하도록 다양한 접근방법이 적용되기를 기대한다.

□ 주제어: 효율성, DEA(자료포괄분석), 맘퀴스트지수