

부산신항 컨테이너터미널 효율성 및 생산성 비교 분석

강석한* · 남정우** · 심민섭*** · † 김율성

*부산신항국제터미널(주) 운영팀, **,***한국해양대학교 KMI-KMOU 학연협동과정, † 한국해양대학교 물류시스템공학과 부교수

A Study on the Productivity and Efficiency Comparative Analysis of Container Terminal in Busan New Port

Seok-Han Kang* · Jung-Woo Nam** · Min-Seop Sim*** · † Yul-Seong Kim

*Operation Team, Pusan New International Terminal, Busan 46767, Korea

** ,***KMI-KMOU Cooperation Course, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Professor, Logistics System Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 한진해운 파산 및 해운동맹의 재정립 등으로 부산항 컨테이너터미널의 운영 효율성 및 생산성 분석의 필요성이 증가하고 있다. 본 논문은 항만공사 공시자료 및 수집된 터미널 내부자료를 바탕으로 DEA 분석 및 Malmquist 생산성 지수 모형을 활용하여 부산신항 컨테이너터미널 5개사의 효율성 및 생산성을 분석하였다. 분석결과 컨테이너터미널 5개사의 평균 효율성은 2018년 증가하였으나 2019년 소폭 하락한 것으로 나타났으며, Malmquist 지수를 통해 종합적인 생산성 변화를 살펴보면 A사를 제외한 모든 터미널이 생산성이 진보한 것으로 나타났다. 또한 설비 생산성의 경우 부산신항 남컨테이너터미널보다 북컨테이너터미널에 위치한 운영사들이 높은 것으로 나타났고, 자본 생산성의 경우 국적 선사인 HMM이 기항하는 D사가 가장 높은 것으로 나타났다. 노동 생산성의 경우 C사가 가장 높은 생산성을 보였으며, 선박작업 생산성의 경우 A사가 가장 높은 생산성을 보였다.

핵심용어 : DEA, Malmquist, 생산성분석, 부산신항, GTO, 컨테이너터미널 운영사

Abstract : The need for analysis of the operational efficiency and productivity of the Busan Port Container Terminal is increasing because of the Hanjin Shipping's bankruptcy and the re-establishment of the Maritime Alliance. This paper analyzes the efficiency and productivity of five Busan New Port Container Terminal companies by using the DEA analysis and Malmquist productivity index model based on the port construction disclosure data and the collected terminal internal data. According to the analysis, the average efficiency of the five container terminals increased in 2018 but declined slightly in 2019, and the Malmquist index showed that all terminals except A have advanced productivity. Additionally, relative to facility productivity, operators at the North Container Terminal had higher facility productivity than operators at the Busan New Port Nam Container Terminal, and regarding capital productivity, the D terminal ported by HMM, a national shipping company, was the highest in facility productivity. Regarding labor productivity, the C terminal showed the highest productivity, and regarding ship work productivity, the A terminal showed the highest productivity.

Key words : DEA, Malmquist, productivity analysis, Busan new port, GTO, container terminal operator

1. 서 론

최근 부산항의 항만물류 환경은 2016년 한진해운 파산과 해운동맹의 재건 등의 이슈로 인하여 급격한 변화를 맞이하였다. 2017년 부산항의 컨테이너처리량은 2,000만 TEU를 돌파하였으며, 이는 초대형 항만으로서 부산항의 세계적인 입지를 다지는 초석이 되었다. 또한, 기존 5개 터미널과 더불어 2022년 부산신항 2-4단계, 2023년 2-5단계가 완공됨에 따라 더 많은

컨테이너터미널 물동량을 유치할 수 있는 환경적 인프라를 갖추고 있다고 할 수 있다.

앞으로 부산신항은 인프라를 활용하여 더 많은 물동량을 유치 및 처리할 수 있도록 세계 선사들에게 항만의 장점에 대해 어필할 수 있는 경쟁력 제고 방안을 세울 필요가 있으며, 이는 결국 선사가 화물을 양·하역을 위해 기항하는 터미널의 역량에 달려있다고 할 수 있다.

선사가 터미널을 선택하는 요인을 살펴보면 입지 및 시설,

† Corresponding author : 종신회원, logikys@kmou.ac.kr 051)410-4332

* 정회원, briny90@globalpsal.com 051)290-8152

** 정회원, skawjddn1252@g.kmou.ac.kr 051)410-4125

*** 정회원, tla6355@g.kmou.ac.kr 051)410-4125

(주) 이 논문은 “부산신항 컨테이너터미널 효율성 및 생산성 비교”란 제목으로 “2020년도 한국항해항만학회 추계학술대회 및 ICMAS 2020, 2020.11.11.-13, pp.20-22)에 발표되었음.

시간, 터미널 운영, 비용, 서비스 제공 능력 등이 있으며, 이 중 터미널의 효율성과 생산성 관련 능력이 중요 고려사항이라 나타났다(Kim, 2005). 이에 터미널 효율성 및 생산성을 증진시키기 위한 많은 선행연구들이 진행되어왔다. 하지만 대부분 연구는 DEA를 통한 효율성 분석에 한정되어 있을 뿐만 아니라 유사한 투입변수와 산출변수를 활용하고 있어 실무적인 적용이 다소 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한진해운 사태와 해운동맹의 재편이 안정화된 2017년 이후 3년 동안 부산신항 컨테이너터미널을 대상으로 다른 선행연구들과 동일하게 DEA를 통한 효율성 분석 및 Malmquist 생산성 지수 모형을 통하여 효율성 변화 추이를 살펴본 후, 개별적으로 수집된 부산신항 5개 터미널의 세부적인 시설, 장비, 재무, 운영 자료를 활용하여 생산성 분석을 진행함으로써 기존 효율성 분석방법 대비 세밀한 시사점을 제시해보고자 하였다.

2. 선행연구

2.1 컨테이너 터미널 효율성 분석 선행연구

Song and Sin(2005)은 세계 60대 항만(2002년 기준)을 대상으로 1995년~2001년까지 7개년의 효율성 분석을 진행하였다. 투입변수로는 선석수, 총면적, G/C장비, 야드장비, CFS면적, 평균 작업시간으로 설정하였고, 종속변수는 컨테이너처리량으로 설정하여 분석을 진행하였다. 분석결과, Hongkong항, Singapore항, Kaohsiung항 등은 매우 효율적인 것으로 분석되었으며, 부산항은 95년, 96년을 제외한 나머지 연도에 대해서 비효율적인 항만으로 구분되었다. 또한 97년 이래로 전체적인 효율성 지수가 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다.

Ryoo(2005)는 부산과 광양에 위치한 컨테이너터미널 운영사를 DMU로 선정하여 효율성을 평가하고, 비효율적인 컨테이너터미널 운영사에 대한 효율성 개선방안을 제시하였다. 투입변수로는 종업원 수, 선석 길이, 부두 총면적, 컨테이너크레인 수를 설정하였고, 산출변수로는 총 컨테이너처리량을 설정하였다. 분석결과 비효율적으로 판단되는 컨테이너터미널 운영사는 효율적인 운영사에 비해 투입요소보다 산출요소인 컨테이너처리량이 낮은 것으로 나타났다. 따라서 효율성을 개선하기 위해서는 물동량 유치를 위한 적극적인 마케팅이 필요하다고 서술하였다.

Kang et al.(2012)는 18개 컨테이너터미널 운영사를 대상으로 경영 효율성 분석을 통해 비효율적인 터미널 운영사를 대상으로 개선방안을 제시하였다. 투입변수로는 인건비, 임대료, 관리비를 설정하였고, 산출변수로는 총 컨테이너처리량, 매출액, 영업이익을 설정하였다. 분석결과 부산과 광양에 위치한 컨테이너터미널은 낮은 경영 효율성을 나타내었다. 이에 대한 개선방안으로 투입요소를 절감함으로써 매출액 및 영업이익을 증가시키는 방안과 기존 투입요소를 유지하면서 산출요

를 극대화할 수 있는 방안을 제시하였다.

Li et al.(2015)는 동북아시아 주요 컨테이너 항만 간의 상대적 효율성 분석을 진행하였다. 분석결과 중국 대부분 항만은 효율적인 것으로 나타났지만, 한국과 일본의 항만은 대체적으로 비효율적인 것으로 나타났다. 특히, 부산항과 상해항, 렌윈강항과 인천항, 다롄항과 광양항이 투입요소가 유사하지만, 산출요소인 컨테이너 물동량은 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

Zheng and Kim(2016)은 한국과 중국의 30개 대형 컨테이너터미널을 대상으로 DEA와 Malmquist 생산성지수를 통해 2012년-2015년 동안의 효율성과 생산성 변화 추세를 분석하였고, 동북아시아 지역의 높은 생산성을 보이는 컨테이너터미널들을 비교하였다. 투입변수로는 선석 길이, 야드 면적, 안벽 크레인 수, 야드크레인 수, 선석 길이를 설정하였고, 산출변수로는 컨테이너 물동량을 설정하였다. 분석결과, 부산신항 주요 터미널은 중국 터미널 못지않은 효율성과 생산성을 가진 것으로 나타났다. 한국 컨테이너터미널의 평균 MPI 지수는 1.051로 파악되어 연간 5.1%의 생산성 향상이 있는 것으로 나타났으며 중국의 컨테이너터미널 평균 MPI지수는 1.049로 파악되어 연간 4.9% 생산성이 향상된 것으로 나타났다. 한국과 중국의 컨테이너터미널 평균 TCI 지수의 경우 각각 1.032와 1.0318로 나타났으며 이를 통해 TCI 지수가 MPI 지수 변화에 중요한 요소로 작용하였다고 설명한다.

Antonio et al.(2004)은 11개 멕시코 주요 항구를 대상으로 DEA분석과 Malmquist지수를 활용하여 1993년 멕시코 항만 시스템의 개혁이 효율성의 상승으로 이어졌는지 알아보았다. 투입변수로는 직원수, 선석길이를 설정하였고, 산출변수로 물동량을 설정하였다. 분석결과 1996년부터 1999년까지 매년 생산성이 평균 4.1% 증가한 것으로 나타나 항만 시스템 개혁이 성공적인 것으로 나타났다.

Kevin and Teng(2006)은 컨테이너터미널 간 경쟁이 치열해지고 있는 가운데 유럽의 69개 주요 컨테이너터미널의 상대적 효율성을 알아보려고 DEA분석을 진행하였다. 투입변수로 선석길이, 터미널 면적, 장비수로 설정하였으며, 산출변수로 컨테이너처리량을 설정하였다. 분석결과 대부분 규모수익체증(IRS) 모형으로 나타났지만 일부는 규모수익체감(DRS)인 것으로 나타났으며 이를 통해 컨테이너터미널과 관련된 정책을 만들거나 의사결정 시 각각의 터미널 특성과 상황을 고려해야 한다고 설명하였다.

Ahmed et al.(2009)는 2000년부터 2005년까지 6년 간 East Africa와 Middle East에 위치한 22개 컨테이너 터미널의 효율성 변화를 측정하였다. 투입변수로는 선석길이, 크레인 수, 하역장비, 터미널 면적을 설정하였으며, 산출변수로는 선박기항수, 처리량을 설정하여 DEA 및 Malmquist 분석을 진행하였다. 분석결과, 일부 터미널은 관리체계와 기술적 향상을 통해 효율성이 증가하였으며, 비효율적인 터미널은 두가지 유형으로 구분되었다. 첫 번째, 중간규모의 컨테이너터미널은 규모수

익체증(IRS)에 해당하므로 규모를 확대해 효율성을 증가시킬 필요가 있으며, 두 번째, 크기가 큰 항만의 경우 생산성을 향상시켜 효율성을 증가시켜야 한다고 설명한다.

2.2 컨테이너 터미널 생산성에 관한 선행연구

Park(2002)은 기존 생산성은 주로 부분적인 생산성만을 분석하고 DEA 분석방법 또한 효율성의 서열만을 보여주기 때문에 컨테이너터미널을 이용하는 고객들이 서비스 수준을 정확하게 파악하기 힘든 실정임을 밝히며 터미널의 효율성을 객관적으로 판단할 수 있는 측정지표의 필요성을 언급하였다. 선박 당 총하역생산성과 기준시간초과율 그리고 기준시간준수율이라는 지표를 언급하며 기준시간준수율이 높을수록 선사가 안정적으로 운항을 계획 및 실천할 수 있는 환경을 조성한다고 설명하였다.

Kang(2008)은 대형화, 고도화된 한국의 주요 컨테이너터미널은 경쟁력 확보를 위해서 전략적으로 성과를 관리할 수 있는 시스템인 균형성과표와 품질기능전개도를 결합한 모형 도입의 필요성을 언급하였다. 선진화된 운영관리를 위해서는 종합적이고 다차원적인 성과측정이 필요하며, 이러한 방법으로 시설별 생산성 분석, 종합적 생산성 분석, 다속성 효율함수 분석방법과 여러 요인의 복합적인 분석이 가능한 DEA 방법 등이 있다고 설명하였다.

Yoo(2008)는 기존 컨테이너터미널 생산성 측정 모델의 개발로 인하여 변화된 기술과 운영방식에 따라 생산성에 어떤 변화가 있을지 분석하였다. 컨테이너터미널 업무 작업을 반출입 작업, 장치작업, 양적하 작업으로 구분하여 생산성 측정 모델을 개발하였다. 이 모델은 상호 연관적인 특성을 띠고 있어 한 영역에 제한되어있는 결과를 보여주는 것이 아니라, 전체적인 컨테이너터미널 운영 관점에서의 유기적인 생산성 결과를 보여주었다.

Cha(2006)는 2004년 부산항 컨테이너터미널의 생산성과 효율성을 분석하였다. 생산성은 부분 생산성 측정 방법과 전체 생산성 측정 방법인 DEA로 나뉜다고 서술하였으며, 부분 생산성은 시설물 생산성, 종업원 생산성, 선박작업 생산성으로 나뉜다고 언급하였다. 또한 부분 생산성으로는 선석당 생산성, 안벽 길이당 생산성, 야드 면적당 생산성, 안벽크레인당 생산성, 게이트 처리량이 있고, 종업원 생산성으로는 총 근로자 1인당 처리량과 순 하역인력 1인당 처리량이 있으며, 선박작업 생산성으로는 선석점유율 총 선석생산성, 순 선석생산성, 총 장비생산성, 순 장비생산성으로 구성된다고 설명하였다.

2.3 선행연구와의 차별성

기존 생산성 및 효율성 분석 연구는 DEA 분석법만을 활용하여 상대적인 서열을 열거한 연구가 대부분이다. 또한, 컨테이너터미널의 효율성에 대한 연구의 경우 산출지향적인 DEA 분석을 진행하므로 산출변수인 처리물동량에 따라 분석결과가 크게 달라질 뿐만 아니라 투입변수 간 효율성에 미치는 영

향을 파악하기 힘들다는 단점이 있다.

본 연구에서는 부산신항에 위치한 5개 컨테이너터미널을 대상으로 터미널 면적, 장비 수와 처리 물동량 등의 지표를 활용하여 DEA분석을 진행하였다. 또한 터미널 내부자료를 수집하여 산출한 운영 데이터, 인사 데이터 그리고 재무 데이터 등을 활용하여 설비, 자본, 노동, 선박작업 생산성을 비교분석하였다.

이를 통해 DEA 분석을 통한 효율성의 비교우위 판단에 그치지 않고, 더 나아가 컨테이너터미널의 부분 생산성을 분석하여 각 터미널의 생산지표를 세밀히 분석하고 구체적인 전략을 세웠다는 점에서 기존연구와 차별성을 가진다.

3. 이론적 고찰

3.1 DEA 분석

본 연구에서 사용한 DEA(Data Envelopment Analysis)는 효율성 분석에 널리 사용되는 기법이며 특히나 상대적인 효율성을 측정하기 위한 연구모형으로 주로 사용된다. DEA는 상대적 효율성 개념을 적용하여 비영리조직의 효율성 정도를 파악하기 위하여 개발된 수리적인 계획법이다(Charnes et al., 1978). 다양한 투입요소와 산출요소의 가장 크기의 비교를 통하여 각각의 사업 단위(DMU, Decision Making Unit)당 효율성을 분석하며 각 DMU의 투입요소 및 산출요소의 가중합 비율을 통하여 상대적인 효율성을 측정한다.

일반적으로 효율성 측정은 투입요소와 산출요소를 통해 가능하지만, 각각 다른 많은 수의 투입요소와 산출요소에 관한 효율성 측정의 경우에는 한계가 있기에 상대적인 효율성을 측정한다. 이 경우 가중치에 관한 요인을 고려하여야 한다. 그러나 가중치의 경우에는 개별적인 특성이 달라 공통적으로 적용 가능한 기준의 설정이 어렵다. 이러한 이유로 모든 평가 대상에 적용할 수 있는 가중치가 요구되는 상황에서 상대적 효율성 측정에 대한 보완된 방법인 DEA가 활용된다.

규모의 효율성은 가변규모 수확에 따라서 증가하는 효율성의 크기로 정의된다. 규모의 효율성을 계산할 시 기술적 효율성(Technical Efficiency, TE) 및 순수기술적 효율성(Pure Technical Efficiency)을 필수적으로 고려해야 한다. 기술적 효율성이란 기업 또는 공공서비스 등의 공급자가 주어진 투입량으로 최대의 산출량을 끌어내는 능력을 말한다. CCR모형의 경우에 계산된 효율성은 규모에 따른 산출변수가 일정함을 가정하고 산출하기에 기술적 효율성 측정이 가능하다. BCC모형의 경우에는 순수기술적 효율성이라 언급하기도 한다. 그러므로 위의 2가지 모형을 활용한 규모의 효율성의 산출식은 아래와 같이 표시할 수 있다.

$$\text{규모의 효율성}(SE) = \frac{\text{기술효율성}(CCR)}{\text{순수기술효율성}(BCC)}$$

DMU가 어떠한 규모에 대한 수확 상태에 있는지 분석해 볼 경우에는 규모에 대한 수확 상태가 투입상태인지 산출상태인지에 따라서 달라질 수 있다는 점을 유의하여야 한다. 규모에 대한 수확 상태는 일반적으로 두 가지로 분류된다. 첫째로는 CCR, BCC 모형 둘 다 효율적인 상태일 경우에 규모에 대한 수확불변(CRS)으로 판단한다. 둘째로는 규모에 대한 수확불변이 아닌 경우, CCR 포락모형에서 각 DMU에 부여되는 가중치들의 합이 1이 초과되면 규모에 대한 수익체감(DRS), 합이 1 미만이면 규모에 대한 수익체증(IRS)을 나타낸다.

규모의 효율성(SE)의 경우 0보다 크고 1보다 작으며 1에 가까울수록 규모로 인한 효율성 손실이 낮다는 것을 뜻하고 수확불변(CRS)의 경우에는 규모의 효율성은 1로 나타난다. 규모의 효율성(SE)이 1이 아닌 경우에는 앞서 언급했던 규모에 대한 수확형태를 확인한 후 분석절차를 진행해야 한다.

Malmquist 생산성지수는 두 가지 시점에서의 생산성변화를 측정하는 분석방법이다. 총 요소생산성을 효율성변화(Efficiency change) 및 기술변화(Technical change)로 구분하여 설명한다. Malmquist 지수법은 DEA-CCR 모형의 특정 시점에 한하여 효율성을 비교할 수 있다는 개념과 거리함수(Distance Function) 개념을 도입한 분석방법이다.

효율성 변화는 두 기간 동안에 기술효율성 변화가 총 생산성요소 변화에 얼마나 영향을 주었는지를 의미하며, 기술변화의 경우는 산업 전체 기술진보에 따른 기술변화를 뜻한다. Malmquist 생산성 지수는 규모수익불가변을 가정하고 분석을 진행한다. 그러므로 분석 수치의 값이 1보다 크면 생산성의 증가, 1보다 작으면 생산성의 감소, 1인 경우 생산성의 변화가 없음을 뜻한다.

3.2 생산성 분석

컨테이너터미널 생산성을 평가할 수 있는 방법은 여러 가지가 있다. 그중에서도 대표적인 방법으로는 각 부분별 생산성 평가라고 할 수 있다. 컨테이너터미널 경쟁력 확보를 위한 핵심적이면서 직접적으로 관련이 깊은 생산성의 지표를 판단해보자면 크게 시설물에 의한 설비 생산성과 종업원에 의한 노동 생산성 그리고 자본에 따른 자본 생산성, 선박에 의한 선박작업 생산성 등 4가지 종류로 나누어 볼 수 있다(Cha, 2006). 그 내용은 다음과 같다.

설비 생산성이란 컨테이너터미널 시설물에 대한 생산성을 보여주는 지표로써 선석당 생산성, 안벽길이 당 생산성, 야드면적당 생산성, TGS 당 생산성 등이 포함된다. 경제학 사전(2017)에 따르면 자본 생산성을 산출하는 공식은 생산성을 자본으로 나눈 것이다. 자본 생산성은 생산요소 중 하나인 자본 단위당의 투자효율을 보여주는 것으로 대표적으로 알려진 자본 생산성 비율의 경우는 총자본 투자효율로 볼 수 있다. 하지만 본 논문에서는 터미널 별 순매출액, 당기순이익을 조사하여 연도별 1teu당 처리실적을 비교해보고자 한다.

컨테이너터미널에서 근무 중인 총 근로자를 기준하여 1인

당 처리하는 작업량으로 산출되며, 이는 컨테이너터미널 운영상의 경쟁력과 근로자의 추가 채용에 있어서 유용한 도움을 준다. 선박작업 생산성은 선박의 정박시간 및 작업 시간, 컨테이너터미널의 핵심장비 사용시간 및 처리량을 이용하여 계산한다. 이는 터미널의 경쟁력을 나타내는 중요한 수치이며, 총 선석생산성, 순 선석생산성, 총 장비생산성, 순 장비 생산성이 포함된다.

4. 실증 분석

4.1 분석 개요

본 연구에서는 상대적 효율성 측정을 위해 DEA-CCR, BCC 모형을 활용하였으며, Malmquist 지수를 활용하여 연도별 생산성 지수를 분석하였다. 투입변수가 반고정 수치라 볼 수 있는 항만과 터미널의 특징을 고려하여 산출지향형의 모델을 사용하였다. Malmquist 지수의 경우 2017-2019년 데이터를 바탕으로 분석을 진행하였으며, 분석은 DEAP 2.1 프로그램으로 진행하였다.

투입변수 및 산출변수는 DEA 분석 시 결과 전체에 영향을 주는 특징을 가지고 있다. 따라서 투입 및 산출변수는 분석결과와 시사점의 가치가 있는지 판단하여 적절한 변수를 선정하여야 한다. 이에 본 연구에서는 변수의 적정성 및 정확성을 확보하기 위하여 다음 원칙에 부합하도록 변수를 선정하였다.

첫째, 개선성을 고려한 변수이다. DEA는 DMU를 대상으로 변수를 선정하여 분석한 다음 상대적으로 비효율적인 요소를 파악하고 산출을 극대화할 수 있는 변수의 분석이 목적이기 때문에 변수는 개선이 가능한 요소여야 한다.

둘째, 객관성의 확보이다. 변수는 DMU에 직접 연관이 있어야 하고, 주관적 판단은 배제되어야 한다.

앞서 언급한 원칙에 부합하는 변수는 다음과 같다.

Table 1 Summary of input and output factor

Input	Output
Berth length(m)	Throughput (TEU)
Number of Quay Crane(Num)	
Terminal Area(m ²)	

생산성은 투입자원에 대한 산출량을 의미하며, 모든 기업과 조직에 있어 건실한 생산 활동의 척도라고도 볼 수 있다. 기업 및 조직은 생산성의 측정을 통해 조직의 생산 활동 측정과 현황 파악 그리고 개선 방향 제시와 지속적 모니터링 및 피드백 활동 등이 가능하다. 컨테이너터미널의 생산성은 측정에 있어 생산성의 측정방법과 지표의 기준 선정 등의 측면에 따라 차이를 보여 생산성 측정을 위해 사용된 지표가 무엇인지에 대해 명확히 할 필요가 있다.

본 연구에서는 시설물에 의한 설비 생산성과 종업원에 의

한 노동 생산성, 매출 및 이익에 따른 자본 생산성, 선박작업에 의한 선박작업 생산성 등 4가지의 종류로 분류하여 분석하였다. 각 생산성의 주요 지표는 다음 Table 3과 같다.

Table 2 Summary of container terminal productivity

Productivity	Factor
Facility productivity	Productivity per berth, berth length, Yard area, Throughput per TGS, QC, RMGC, Mobile equipment, YT Turn Around Time, Gate Throughput
Capital productivity	Processing performance per net sales, net income
Labor productivity	Throughput per person
Ship productivity	GBP, NBP, GP, NP

본 연구에서는 분석 대상을 부산신항에 위치한 5개 컨테이너 터미널로 선정하였다. 분석을 위해 12월을 기준으로 부산신항 터미널 내부자료 수집을 통해 2017년부터 2019년까지의 내부 데이터(처리량, 시설 및 장비 제원)를 정리하였고, 항만 공식 사이트 및 금융감독원 전자공시시스템을 통해 근로자 수 및 매출액 관련 데이터를 수집하고 결핍값을 산출하였다. DEA 분석의 경우 변수의 2배 이상의 DMU가 존재하여야 분석에 신뢰성이 있다고 판단한다(Fizsimmons et al. 1994). 이에 DEA 분석 시 부산북항의 3개 터미널을 DMU로 추가해 신뢰성을 확보하였고, 생산성 분석에서는 부산신항 5개 터미널로 분석을 진행하였다.

4.2 DEA 분석

4.2.1 DEA-CCR, BCC 분석결과

DEA-CCR 분석결과 부산항 컨테이너터미널 운영사 전체 평균 효율성은 2017년 0.812, 2018년 0.855, 2019년 0.815로 나타났다. 이 중 해당 기간 가장 효율적으로 나타난 부산신항 컨테이너터미널 운영사는 B사이며, 이는 2017년 대비 전체적으로 상승한 물동량의 영향이라 판단된다.

DEA-BCC 분석결과 2017-2019년 효율적으로 분석된 부산신항 컨테이너터미널 운영사는 B사, D사, A사, C사 이상 4개의 운영사로 나타났다. 이 중 해당 기간 가장 효율적으로 나타난 부산신항 컨테이너터미널 운영사는 B사이며, CCR 효율성까지 고려하였을 때 두 모형 모두 효율적으로 분석된 운영사는 B사 하나인 것으로 나타났다. 또한, 부산항 컨테이너터미널 운영사 전체 평균효율성은 0.926, 0.914, 0.895로 나타나 CCR 보다 높은 평균효율성을 나타났다.

Table 3 Summary of CCR, BCC output model(2017-2019)

	2017		2018		2019	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
A	0.841	1.000	0.853	0.876	0.779	0.851
B	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
C	0.818	1.000	0.974	1.000	0.915	1.000
D	0.919	1.000	0.926	1.000	0.917	1.000
E	0.741	0.881	0.885	0.957	0.786	0.900
F	0.724	0.733	0.757	0.758	0.707	0.711
G	0.713	1.000	0.769	1.000	0.765	1.000
H	0.743	0.794	0.681	0.723	0.650	0.696
Avg	0.812	0.926	0.855	0.914	0.815	0.895

4.2.2 규모의 효율성 분석결과

규모의 효율성은 $\frac{CCR(TE)}{BCC(PTE)}$ 로 측정할 수 있다. 2017년부터 2019년까지의 부산항 컨테이너터미널 운영사별 규모의 효율성과 규모에 대한 수익 상태는 아래 Table 6과 같다.

2017년 부산신항 컨테이너터미널 운영사별 규모의 효율성을 분석해보면 B사 - D사 - A사 & E사 - C사 순으로 효율성이 나타났다. 규모의 효율이 규모수익불변(CRS)인 B사를 제외한 모든 부산항 컨테이너터미널은 규모의 효율이 규모수익체증(IRS)인 것으로 나타났다.

2018년 부산신항 컨테이너터미널 운영사별 규모의 효율성을 분석해보면 B사 - A사 & C사 - D사 - E사 순으로 효율성이 나타났다. 규모의 효율이 규모수익불변(CRS)인 B사를 제외한 모든 부산항 컨테이너터미널은 규모의 효율이 규모수익체증(IRS)인 것으로 나타났으며, A사 & C사의 규모의 효율성이 증가한 것으로 나타났다.

2019년 부산신항 컨테이너터미널 운영사별 규모의 효율성을 분석해보면 B사 - D사 - A사 & C사 - E사 순으로 효율성이 나타났다. 규모의 효율이 규모수익불변(CRS)인 B사를 제외한 모든 부산항 컨테이너터미널은 규모의 효율이 규모수익체증(IRS)인 것으로 나타났으며, B사를 제외한 모든 터미널의 규모의 효율성이 감소한 것으로 나타났다.

2017-2019년 규모의 효율성에서 가장 효율적이라 판단된 운영사는 3년간 규모수익불변(CRS)을 보이는 B사이며 그 외 운영사는 규모수익체증(IRS) 현상을 보이고 있으며, E사의 경우 3년간 규모의 효율성이 가장 낮은 것으로 나타났다.

Table 4 Summary of scale efficiency(2017-2019)

	2017		2018		2019	
	SE	RTS	SE	RTS	SE	RTS
A	0.841	IRS	0.974	IRS	0.915	IRS
B	1.000	CRS	1.000	crs	1.000	CRS
C	0.818	IRS	0.974	IRS	0.915	IRS
D	0.919	IRS	0.926	IRS	0.917	IRS
E	0.841	IRS	0.924	IRS	0.873	IRS
F	0.988	IRS	0.998	IRS	0.994	IRS
G	0.713	IRS	0.769	IRS	0.765	IRS
H	0.936	IRS	0.941	IRS	0.934	IRS
Avg	0.882		0.938		0.914	

4.2.3 Malmquist 지수 분석결과

DEAP 2.1에서 Malmquist 분석을 진행하면 지수와 분해지수는 총 5가지로 분해되어 나타난다. effch는 기술 효율성의 변화를 의미하고, techch는 기술의 변화를 의미한다. 또한, pech는 순수기술의 변화를 의미하고, sech는 규모의 효율성 변화를 의미하며, tfpch는 중요소 생산성의 변화인 Malmquist 지수를 의미한다. 즉, tfpch가 1보다 크면 진보를 나타내고, 1과 같으면 보존을 나타내며, 1보다 작으면 퇴보를 나타낸다.

2017-2018년 전년 대비 생산성 진보가 있었던 부산신항 컨테이너터미널 운영사는 C사 19.2%, D사 1.6%, E사 15.1%로 나타났고, 생산성이 퇴보된 운영사는 A사 -2.3%, B사 -1.4%로 나타났다. B사의 경우 기술의 변화로 인해 생산성이 퇴보한 것으로 나타났으며, A사의 경우 기술 효율성이 진보하였지만 기술의 변화와 순수기술변화에서 퇴보하여 생산성이 떨어진 것으로 나타났다.

2018-2019년 전년 대비 생산성 진보가 있었던 부산신항 컨테이너터미널 운영사는 C사 0.8%, D사 6.1%, B사 7.2%로 나타났고, 생산성이 퇴보된 운영사는 A사 -2.1%, E사 -4.8%로 나타났다. A사의 경우 기술의 변화는 진보하였으나 기술효율성의 변화 및 순수 기술의 변화가 퇴보한 것으로 나타났다. E사의 경우 기술 효율성의 변화와 순수 기술의 변화가 큰 폭으로 감소하여 생산성이 퇴보한 것으로 나타났다.

2017-2019년 종합적인 생산성 변화를 살펴보면 A사를 제외한 모든 터미널이 생산성이 진보한 것으로 나타났다. A사의 경우 기술 효율성의 변화, 순수기술의 변화가 퇴보하여 종합 생산성이 퇴보한 것으로 나타났다.

Table 5 2017-2019 Malmquist numerical index

	Year	effch	techch	pech	sech	tfpch
A	2017-2018	1.014	0.963	0.876	1.158	0.977
	2018-2019	0.913	1.072	0.971	0.940	0.979
	2017-2019	0.962	1.016	0.922	1.043	0.978
B	2017-2018	1.000	0.986	1.000	1.000	0.986
	2018-2019	1.000	1.072	1.000	1.000	1.072
	2017-2019	1.000	1.028	1.000	1.000	1.028
C	2017-2018	1.190	1.001	1.000	1.190	1.192
	2018-2019	0.940	1.072	1.000	0.940	1.008
	2017-2019	1.058	1.036	1.000	1.058	1.096
D	2017-2018	1.007	1.009	1.000	1.007	1.016
	2018-2019	0.991	1.072	1.000	0.991	1.061
	2017-2019	0.999	1.040	1.000	0.999	1.039
E	2017-2018	1.195	0.963	1.087	1.099	1.151
	2018-2019	0.888	1.072	0.940	0.945	0.952
	2017-2019	1.030	1.016	1.011	1.019	1.047
F	2017-2018	1.045	1.009	1.035	1.010	1.055
	2018-2019	0.934	1.072	0.938	0.996	1.001
	2017-2019	0.988	1.040	0.985	1.003	1.028
G	2017-2018	1.078	1.009	1.000	1.078	1.088
	2018-2019	0.995	1.072	1.000	0.995	1.067
	2017-2019	1.036	1.040	1.000	1.036	1.077
H	2017-2018	0.916	1.009	0.911	1.005	0.925
	2018-2019	0.955	1.072	0.962	0.993	1.024
	2017-2019	0.935	1.040	0.936	0.999	0.973

4.3 생산성 분석

4.3.1 설비 생산성 분석결과

설비 생산성이란 컨테이너터미널의 시설물에 대한 생산성이라고 정의할 수 있다. 선석 당 처리량, 안벽길이 당 처리량, 야드 면적 당 처리량, TGS 당 처리량, QC 당 처리량, RMGC 당 처리량, 이동장비 당 처리량, YT 당 처리량, TAT, 게이트 처리량으로 세분화시켜 계산하였으며, E사의 경우 타 터미널과는 다르게 수직 배열 구조이므로 Straddle carrier를 사용하기 때문에 YT 당 처리량 통계에서 제외되었다.

2017년 선석 당 처리량, 안벽 길이 당 처리량, 야드 면적 당 처리량, TGS 당 처리량 QC 당 처리량, YT 당 처리량, 게이트 처리량은 B사가 가장 높았고, 이동장비 당 처리량과 TAT는 A사가, RMGC 당 처리량은 D사가 가장 높았다.

2018년 선석 당 처리량, 안벽길이 당 처리량, 야드 면적 당 처리량, QC 당 처리량, TAT는 C사가 가장 높았다. TGS 당 처리량, YT 당 처리량은 B사가, 이동장비 당 처리량과 TAT는 A사가 가장 높으며, RMGC 당 처리량은 D사가 가장 높았다.

2019년 선석 당 처리량, 이동장비 당 처리량은 C사가 가장 높았고, 안벽 길이 당 처리량, 야드 면적 당 처리량, TGS 당 처리량, QC 당 처리량, YT 당 처리량, 게이트 처리량은 B사가 가장 높았다. TAT는 A사가 가장 높으며, RMGC당 처리량은 D사가 가장 높았다. 2017-2019년 간 설비 생산성은 B사가 가장 높았고, E사가 가장 낮았다. 설비 생산성 분석결과 B사-C사-A사-D사-E사 순으로 나타났다.

Table 6 Facility productivity(2017-2019)

	Factor	A	B	C	D	E
2017	Berth	476,491	518,087	500,933	462,377	319,590
	Berth length	1,191	1,554	1,366	1,206	913
	Yard area	1.7	2.6	2.2	2.5	1.5
	TGS	117	148	124	138	101
	QC/SC	129,952	148,025	125,233	115,594	116,214
	RMGC	81,945	92,180	100,674	111,927	94,446
	Move equipment	100,913	81,496	55,000	39,234	97,971
	YT	20,610	23,205	16,981	17,636	-
	TAT	14.0	16.1	14.1	15.5	17.8
	Gate	117	242	130	123	127
2018	Berth	508,793	518,008	595,337	472,409	360,337
	Berth length	1,272	1,554	1,624	1,232	1,030
	Yard area	1.8	2.6	2.6	2.6	1.7
	TGS	125	148	147	141	114
	QC	127,198	141,275	148,834	118,102	131,032
	RMGC	84,454	94,972	116,235	121,720	109,175
	Move equipment	89,177	74,961	71,565	43,024	83,195
	YT	21,040	22,481	19,992	18,122	-
	TAT	13.3	14.9	13.1	17.0	19.0
	Gate	120	228	141	138	127
2019	Berth	491,472	556,627	585,386	491,915	338,574
	Berth length	1,229	1,670	1,597	1,283	967
	Yard area	1.8	2.8	2.6	2.7	1.6
	TGS	121	159	145	147	107
	QC	122,868	151,807	146,347	122,979	123,118
	RMGC	84,851	96,480	117,666	127,221	103,386
	Move equipment	85,994	72,826	90,502	40,856	88,209
	YT	19,644	23,762	19,812	18,856	-
	TAT	13.1	15.4	13.3	18.8	16.6
	Gate	135	213	142	142	126

4.3.2 자본 생산성 분석결과

자본 생산성이란 생산요소 중의 하나인 자본 단위당 투자 효율을 나타내는 것이다. 하지만 본 논문에서는 터미널 별 순매출액, 당기 순이익을 TEU 단위의 총 처리량으로 나누어 1TEU당 처리 실적을 비교해보고자 한다.

2017-2019년 1TEU당 순매출은 D사가 가장 높았고, C사가 가장 낮았다. 1TEU당 당기 순이익은 B사가 가장 높았고, E사가 가장 낮았다. 2017-2019년 자본 생산성은 D사가 가장 높았고 C사가 가장 낮았다. 자본 생산성 분석결과 D사-B사-A사-E사-C사 순으로 나타났다.

Table 7 Capital productivity(2017-2019)

(Unit: 00,000₩.)

	Factor	A	B	C	D	E
2017	Revenue	47,605	50,408	47,297	58,018	51,624
	Earnings	6,266	14,296	2,043	7,295	-27,439
2018	Revenue	46,730	50,171	45,046	57,731	48,660
	Earnings	4,990	13,335	-1,293	6,272	-25,897
2019	Revenue	49,043	48,001	44,933	57,083	51,014
	Earnings	4,365	11,960	-114	7,135	-31,402

4.3.3 노동 생산성 분석결과

노동 생산성은 Box 단위의 총 처리량을 컨테이너터미널에서 근무하는 총 근로자 수를 나눈 것으로 1인당 처리하는 작업량으로 산출된다.

2017년 노동 생산성은 B사가 가장 높았으며, A사가 가장 낮았다. 2018년 및 2019년 노동 생산성은 C사가 가장 높았으며, A사가 가장 낮았다. 노동 생산성 분석결과 C사-B사&E사-D사-A사 순으로 나타났다.

Table 8 Labor productivity(2017-2019)

	Factor	A	B	C	D	E
2017	Throughput per person	2,134	2,773	2,722	2,387	2,620
2018		2,327	2,773	3,236	2,500	2,954
2019		2,146	2,595	2,828	2,468	2,676

4.3.4 선박작업 생산성 분석결과

선박작업 생산성은 Box 단위의 총 처리량을 선박의 정박시간 및 작업 시간, 컨테이너터미널의 주요 장비인 QC의 사용 시간 등을 나누어 산출한다. 터미널을 대표할 수 있는 핵심적인 수치이며 GBP, NBP, GP, NP로 나누어진다. 2017-2019년 선박작업 생산성은 다음과 같다.

2017-2019년 GBP, NP는 A사가 3년 연속 가장 높은 수치를 보이고 있으며, NBP, GP의 경우 C사가 2년 연속(2018-2019년) 가장 높은 수치를 보이고 있다. D사는 2017-2019년 GBP에서 가장 낮은 수치를 보임과 동시에 2019년 NBP, NP 역시 가장 낮은 수치를 보이고 있으며, E사는 2019년 GP를 제외한 다른 선박작업 생산성을 개선한 것으로 나타났다.

2017-2019년 종합 선박작업 생산성은 A사가 가장 높았고 2017-2018년 E사가 종합 선박작업 생산성이 가장 낮았지만, 2019년에는 D사가 가장 낮았다. 선박작업 생산성 분석결과 A사-C사-B사-D사-E사 순으로 나타났다.

Table 9 Ship productivity(2017-2019)

	Factor	A	B	C	D	E
2017	GBP	100.0	86.6	86.0	79.9	82.6
	NBP	112.7	106.3	105.4	93.6	87.3
	GP	30.7	31.3	31.0	30.0	27.6
	NP	34.4	32.2	32.0	33.3	31.1
2018	GBP	102.6	89.3	102.2	78.2	79.6
	NBP	112.9	106.1	120.2	92.4	83.2
	GP	29.1	30.4	31.3	28.7	25.8
	NP	34.2	32.1	32.3	32.6	29.2
2019	GBP	107.2	87.8	103.6	78.6	89.4
	NBP	117.0	105.5	121.2	90.6	92.4
	GP	30.0	30.0	30.4	27.2	27.1
	NP	35.7	31.8	31.4	30.6	30.9

4.3.5 생산성 분석 종합결과

4가지 측면의 생산성 분석을 종합한 결과 B사 - C사- A사- D사- E사 순으로 생산성 순위가 나타났다. B사의 경우 대부분의 생산성 지표가 평균 이상을 기록하고 있어 종합 생산성 순위에서도 1순위를 차지하였다. C사의 경우 타 생산성은 선두권을 차지하고 있으나, 자본 생산성이 5순위로 나타나 종합 생산성 순위에서 2순위를 차지하였다. A사의 경우 대체적으로 평균적인 수치를 보여주고 있으나, 노동 생산성에서 5순위로 나타나 종합 생산성 순위에서 3순위를 차지하였다. D사의 경우 자본 생산성은 5개 터미널 중 가장 좋으나, 타 생산성 지표가 하위권에 있어 종합 생산성 순위에서 4순위를 차지하였다. E사의 경우 2018년부터 2순위로 올라온 노동 생산성을 제외한 나머지 생산성 지표가 최하위권에 머무르고 있어 종합 생산성 순위에서 5순위를 차지하였다.

Table 10 Busan new port total productivity rank

		A	B	C	D	E
Facility	2017	3	1	2	4	5
	2018	3	2	1	4	5
	2019	4	1	2	3	5
	Total Rank	3	1	2	4	5
Capital	2017	3	2	5	1	3
	2018	3	1	5	1	4
	2019	3	2	5	1	4
	Total Rank	3	2	5	1	4
Labor	2017	5	1	2	4	3
	2018	5	3	1	4	2
	2019	5	3	1	4	2
	Total Rank	5	2	1	4	2
Ship	2017	1	2	3	4	5
	2018	1	3	1	4	5
	2019	1	3	2	5	4
	Total Rank	1	3	2	4	5
Total Productivity Rank		3	1	2	4	5

5. 결 론

5.1 결론 및 시사점

본 연구는 부산신항 컨테이너터미널의 효율성 및 생산성 분석을 동시에 진행하여 각 터미널별 효율성 및 생산성을 비교하고 기존 효율성 측정방법 대비 세밀한 시사점을 제시하는데 목적이 있다. 이를 위해 부산신항 컨테이너터미널 5개사를 대상으로 공시자료 및 개별적인 내부 데이터 수집을 통해 2017~2019년까지 3년 동안의 데이터를 활용하여 분석을 진행하였고, 결과는 다음과 같다.

첫째, DEA 분석결과 B사의 효율성이 가장 높게 나타났으며, A사의 효율성이 가장 낮게 나타났다. 이는 DEA 분석법이 산출 지향적이었기 때문에 산출 변수인 총처리물량의 감소 때문으로 판단된다. 또한, 규모의 효율성 분석결과 B사는 2017-2019년 규모수익불변(CRS) 현상을 보여 부산신항에서 가장 효율적인 컨테이너터미널로 나타났으며, 그 외 부산신항 컨테이너터미널은 모두 3년간 규모수익체중(IRS) 현상을 보이고 있다. 따라서 터미널 간 협력체계 구축을 통한 대형선박 수용력 강화, 맞춤형 인센티브 제공 등 적극적인 물동량 증진 전략을 추진하고, 물동량을 효율적으로 처리할 수 있는 터미널 인프라를 구축이 필요하다.

둘째, Malmquist 지수를 통해 연도별 생산성 변화를 분석한 결과 A사가 2017-2019년 종합 생산성이 2.2% 퇴보한 것으로 나타났다. 이는 기술 효율성 변화와 순수기술의 변화 등이 퇴보하여 나타난 결과로 빅데이터 센터, AI 센터 등 4차 산업혁명 기술을 터미널에 적용할 수 있는 경영자와 실무자를 확보하여 기술적 운영수준을 제고할 필요가 있다.

셋째, 설비 생산성 분석결과 B사가 2017년, 2019년 가장 높은 설비 생산성을 보였고, C사가 2018년에 가장 높은 설비 생산성을 보였다. B사는 넓은 터미널 면적과 다수의 장비로 The Alliance의 물동량 대부분(연간 5백만 TEU 이상)을 소화하여 높은 설비 생산성을 보여주었다. C사의 경우 한진해운의 파산 이후 2M Alliance의 주 기항터미널로 선정되었다. 특히 A사와 2M Alliance의 물동량을 나누어 처리하였지만, 다수의 장비와 안정된 자동화 야드크레인 프로세스를 바탕으로 A사보다 더 많은 물동량을 처리할 수 있었고(2018년 이후 연간 2백8십만 TEU 이상) 이를 바탕으로 높은 설비 생산성을 나타낸 것으로 판단된다. 전반적으로 부산신항 남컨테이너터미널보다 북컨테이너터미널의 설비 생산성이 높은 것으로 나타났다. 이는 북컨테이너터미널의 많은 물동량의 유지와 넓은 면적, 다수의 장비 운용 때문이라고 판단되며, 다수의 장비 운용에도 불구하고 D사가 낮은 설비 생산성을 보이는 것으로 보아 장비의 운용 대수보다 터미널 면적이 설비 생산성에 큰 영향을 미치는 것으로 보인다.

다섯째, 자본 생산성 분석결과 2017년부터 2019년까지 모든

연구 기간에 걸쳐 국적 선사인 HMM이 기항하는 D사가 가장 높은 자본 생산성을 보였고, C사가 가장 낮은 자본 생산성을 보여주었다. D사가 높은 자본 생산성을 보이는 이유는 높은 하역단가요율인 것으로 판단된다. 현재 부산신항에서 국적선사가 기항하는 컨테이너터미널은 D사가 유일하다. A사와 C사에는 2M Alliance가 기항하고, B사에는 The Alliance, E사에는 Ocean Alliance가 기항한다. 이러한 이유로 D사를 제외한 부산신항 컨테이너터미널에서는 외국선사로부터 평균 1테우당 7만 원 선의 비교적 낮은 하역단가로 계약을 유지하는 반면, D사는 1테우당 평균 10만 원 선의 하역단가를 국적 선사로부터 보장받고 있어 가장 높은 수치의 자본 생산성을 보이는 것으로 판단된다. 반면 C사는 2017년부터 2019년까지 가장 낮은 자본 생산성을 보였다. 이는 C사가 부산신항 내 연구 기간 가장 낮은 순매출액 당 처리량을 보였고, 2018년 이후 당기 순이익은 계속 적자로 마감되었기 때문이다. 이러한 결과는 터미널 간 물량 유치 경쟁에서 우위를 선점하기 위해 타 터미널 대비 많은 운영 인력(협력업체 포함)의 투입과 물량대비 낮은 매출액이 주요한 원인으로 파악된다.

여섯째, 노동 생산성 분석결과 B사가 2017년 가장 높은 노동 생산성을 보였고 C사는 2018년, 2019년 가장 높은 노동 생산성을 보였다. C사가 높은 수치를 보이는 이유는 물량 유치 경쟁에서 우위를 선점하여 2017년 대비 2018년 연간 총 처리물량 증가율이 타 터미널보다 월등히 높았기 때문에 종업원당 처리물량인 노동 생산성이 크게 증가한 것으로 판단된다. 2017년 가장 높은 노동 생산성을 보였던 B사는 처리물량 증가율이 상대적으로 C사 보다 낮았고, 2019년 총 근로인원이 166명이나 증가하여 노동 생산성이 소폭 하락한 것으로 판단된다. 연구 기간 가장 낮은 노동 생산성을 보인 컨테이너터미널은 A사이다. A사는 신항 내 가장 많은 수의 유인 야드 크레인을 운영하고 있다. 부산신항 내 A사와 B사를 제외한 다른 터미널은 40대 가량의 무인 야드 크레인 가동을 위하여 약 20명 정도의 인원을 투입하지만, A사의 경우 최대 144명의 인원을 투입하여 유인 크레인을 가동한다. 이러한 이유로 연구 기간 A사가 가장 낮은 노동 생산성을 보이는 것으로 판단된다.

일곱째, 선박작업 생산성 분석결과 설비 생산성과 마찬가지로 부산신항 북컨테이너부두가 남컨테이너부두 보다 높은 수치를 보인다. 이는 설비 생산성의 사유와 비슷하게 많은 물동량 그리고 넓은 면적과 다수의 장비 투입이 주원인으로 파악된다. 북컨테이너부두 중에서도 2017년부터 2019년까지 A사가 가장 높은 선박작업 생산성을 보인다. 이는 총 장비생산성, 순 장비생산성의 경우 A사와 B사, C사가 비슷한 수치를 보이지만 총 선석생산성에서 A사가 타 터미널보다 높은 수치를 보이기 때문이다. A사가 총 선석생산성이 가장 높은 이유는 A사의 운영 전략 중 하나로 선박 당 운영 크레인 수를 타 터미널보다 많이 할당하여 모선마다 접안시간을 조금이라도 더 단축시킬 수 있었기 때문이라고 판단된다. 반면 남컨테이너부두의 두 컨테이너터미널은 2017년부터 2019년까지 낮은 선박

작업 생산성을 보이는데, 이는 적은 처리물동량, 적은 장비의 수, 수직터미널의 효율성 등과 같은 여러 가지 사유의 복합적인 원인 때문으로 판단된다.

연구결과를 기반으로 각 컨테이너터미널의 효율성 및 생산성 향상을 위해서는 다음과 같은 시사점이 도출된다.

첫째, A사는 터미널의 처리량 대비 많은 운영 인원으로 인해 부산신항 내 가장 낮은 노동 생산성을 보이고 있다. 이를 개선하기 위해 선사 유치를 통한 신규 물동량을 확보하거나 터미널 운영 부분에서 인력의 낭비가 발생하지 않는지 운영 인원 배치 실태를 살펴볼 필요가 있다. 또한, 터미널 간 항만 자원을 공유할 수 있는 협력체계를 구축하여 효율적인 인원 배분이 가능하도록 선도하여야 한다.

둘째, B사는 가장 효율적이고 생산적인 터미널이지만 다른 생산성들에 비해 노동 생산성과 선박작업 생산성이 조금 낮은 수치를 보였다. 이를 개선하기 위해서 B사는 4차 산업혁명 기술을 접목한 자동화 공정의 빠른 진행이 필요하고, Q/C, G/C 등 선박 하역장비 운용 교육, TOS 시스템을 활용을 통한 하역장비 간 연계성 강화 등 선박작업의 효율성 개선을 위한 전략이 제시되어야 할 필요가 있다.

셋째, C사의 경우 한진해운의 파산 이후 2M Alliance의 주 기항터미널로 선정되어 2017-2019년 물동량 처리량 3위 터미널에 위치하고 있음에도 불구하고 낮은 하역단가로 인해 가장 낮은 자본 생산성을 보이고 있다. 이를 개선하기 위해서는 고객 선사와의 하역 단가 협상을 통해 합리적인 결과를 유도하거나, 운영 인원 투입 수 등을 조절하여 고정비를 낮출 수 있는 전략 제시가 필요하다.

넷째, D사와 E사가 위치한 부산신항 남컨테이너부두의 경우 북컨테이너부두보다 종합적으로 낮은 생산성을 보이고 있으며, 이는 북컨테이너부두에 위치한 컨테이너터미널 대비 적은 처리물동량, 적은 장비의 수, 수직터미널의 효율성 등과 같은 복합적인 사항이 원인으로 판단된다. 따라서 남컨테이너부두의 두 터미널은 선사로부터 물동량 유치하기 위하여 인센티브 제공, 할인혜택 제공 등의 적극적인 영업 전략에 대한 구체적인 수립이 필요하며, 운영장비 확충, 남컨테이너터미널 협력 체계 구축을 통한 통합운영, 터미널 자동화 추진 등에 대한 적극적인 의견제시가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 DEA 분석으로 부산신항 컨테이너터미널의 효율성을 분석하여 단순히 효율성의 비교우위만을 판단할 수 있었던 선행연구와 달리 생산성 분석을 동시 진행함으로써 각 터미널 별 세부 생산성 지표에 대한 비교가 가능하였다. 이에 본 연구는 컨테이너터미널 효율성 비교분석에 새로운 시각을 제공하고, 효율성 개선을 위한 기존 연구 대비 세밀한 시사점을 제공할 수 있는 방안을 제시하였다는 학술적 의의가 있다.

5.2 연구의 한계점 및 향후 연구방향

본 연구는 부산신항 컨테이너터미널의 효율성 및 생산성 분석을 통해 새로운 시각의 효율성 연구 방안제시를 목적으로

했지만, 아래와 같은 한계점을 지니고 있다.

첫째, 효율성 분석에 있어 초 효율성 분석을 진행하지 않아 효율성이 1인 터미널 운영사 간의 순위를 설명하지 못하였다.

둘째, 설비 생산성 중 YT 당 처리량을 비교할 시 Straddle Carrier를 주된 야드 내 운송 장비로 사용하는 수직터미널인 E사를 배제하였다.

셋째, 자료 수집의 어려움으로 인하여 자본 생산성 분석 시 매출액, 당기 순이익만을 지표로 선정하였으며, 노동 생산성 분석 시 총 인원과 순수하역인원을 분리하지 못하였다.

향후 연구에서는 효율성이 1로 나타난 컨테이너터미널 간 분석을 위하여 초 효율성을 분석할 필요가 있다. 또한, 수직, 수평 터미널 간 다르게 사용되는 야드 운송 장비 Yard Tractor와 Straddle Carrier의 처리 능력을 비교하여 E사의 설비 생산성에 포함할 필요가 있다. 마지막으로 데이터 수집을 확대하여 EBITDA 산출을 통해 자본 생산성의 지표를 산출해 보고, 총인원에서 순수하역인원을 산출하여 노동 생산성의 지표를 늘려 분석해 볼 필요가 있을 것이다.

사 사

본 논문은 해양수산부 제4차 해운항만물류 전문인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] Ahmed, S. A., Ahmad, T. K. and Adi, M.(2009), "DEA Malmquist index measurement in Middle East and East African containers terminals ", Shipping and Transport Logistics, Vol. 1, No. 3, pp. 249-259.
- [2] Antonio, E., Beatriz, T. and Lourdes, T.(2004), "Sources of efficiency gains in port reform: a DEA decomposition of a Malmquist TFP index for Mexico", Utilities Policy, Vol. 12, No. 4, pp. 221-230.
- [3] Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E.(1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", European Journal of Operational Research, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.
- [4] Cha, M. S.(2006), " A Study on Terminal Productivity Improvement in Busan Port", Dong-A University, Graduate school of Industry, Master Dissertation.
- [5] Fitzsimmons, J. A. and Fitzsimmons, M. J.(1994), Service Management for Competitive Advantage, McGraw-Hill, pp. 1-462.
- [6] Kang, J. S.(2008), " Determining Performance Factors of Container Terminals with a Combined Model of Balanced Score card (BSC) and Quality Function Deployment (QFD) ", Korea Maritime University, Graduate school of Logistics Systems, PhD Dissertation.
- [7] Kang, H. G., Ryoo, D. K. and Sohn, B. R.(2012), "A Management Efficiency Analysis of Container Terminal Operators", Journal of navigation and port research, Vol. 36, No. 6, pp. 527-534.
- [8] Kevin, P. B. Cullinane. and Teng, F. W.(2006), "The efficiency of European container ports: A cross-sectional data envelopment analysis", International Journal of Logistics: Research and Applications, Vol. 9, No. 1, pp. 19-31.
- [9] Kim, C. W., Kim, J. M. and Ha, M. S.(2005), " Determinants of Container Terminal Choice by Liners: The Busan Port Terminals Case", Korean Academy of International Commerce, Vol. 20, No. 3, pp. 139-155.
- [10] Li, D., Kwak, K. S., Nam, K. C. and An, Y. M.(2015), "A Comparative Analysis of Terminal Efficiency in Northeast Asia Container Ports", Journal of navigation and port research, Vol. 39, No. 1, pp. 55-60.
- [11] Park, B. I.(2002), "The Simulation-based Strategy of Measuring Productivities in the Container Terminal", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 18, No. 1, pp. 43-60.
- [12] Ryoo, D. K.(2005), "A Comparative Analysis of Container Terminal Operation in Busan and Kwangyang Port", Journal of navigation and port research, Vol. 29, No. 10, pp. 921-926.
- [13] Song, J. Y. and Sin, C. H.(2005), "An Empirical Study on the Efficiency of Major Container Ports with DEA Model", Journal of navigation and port research, Vol. 29, No. 3, pp. 195-201.
- [14] Yoo, D. H.(2008), " Development of Productivity Measurement Model based on task causality in a Container Terminal", Dong-A University, Graduate school of Management Information systems, Master Dissertation.
- [15] Zheng, X. B. and Kim, Y. S.(2016), "An Efficiency Comparison of Container Terminals in Korea and China by Using Super Efficiency-DEA and Malmquist Productivity Index", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 32, No. 3, pp. 1-20.

Received 27 May 2021

Revised 23 June 2021

Accepted 23 June 2021