

국내 자동차부두 효율성 분석에 관한 연구

서정호* · 공정민* · 남태현* · † 여기태

*인천대학교 동북아물류대학원, † 인천대학교 동북아물류대학원 교수

Analyzing Efficiency of Korean Automobile Ports

Seo-Jeong Ho* · Gong-Jeong Min** · Nam-Tae Hyun*** · † Yeo-Gi Tae

*,**,***,† Graduate school of Logistics, Incheon University, Incheon 406-772, Korea

요 약 : 본 연구는 DEA의 대표 모형인 CCR, BCC 및 Malmquist를 이용하여 국내 자동차 부두의 효율성과 생산성을 분석하였다. 국내 자동차부두 터미널 8개를 분석대상으로 인력수, 부두면적을 투입변수로, 처리대수를 산출변수로 선정하였다. 2013년부터 2016년도 까지 4년간 8개의 자동차부두 터미널의 효율성 분석 결과, 울산항과 광양항 터미널의 CCR, BCC, SE 지수가 1로 나타나 효율적 운영이 이루어지고 있는 것으로 분석되었다. 벤치마킹 분석 결과 군산항 1,2 터미널, 인천항, 평택 당진2터미널 등은 부산항과 울산항을 벤치마킹해야 하는 것으로 나타났다. 한편 Malmquist 분석결과, 2013년부터 2015년까지 생산성이 조금씩 증가하였으나, 2015년에서 2016년에 이르러 1 이하의 값으로 생산성하락이 발생한 것으로 나타났다. TECI의 경우 2014년부터 2015년까지만 1 이상으로 기술이 효율적인 것으로 나타났다. TCI값은 2015년부터 2016년까지의 기간만이 평균 0.87로 기술의 퇴보가 일어난 것으로 분석되었다. 이 기간에는 전체 터미널의 TCI 지수가 모두 1 이하로 나타났다.

핵심용어 : 자동차 부두, DEA, CCR, BCC, Malmquist

Abstract : The aim of this study is using DEA-CCR, BCC, and Malmquist analysis to determine the efficiency and productivity of Korean automobile ports. We analyzed eight Korean automobile port terminals, using the number of workers and size of ports as input variables and the number of processed car as output variables. An efficiency analysis of the eight automobile port terminals for the four-year span from 2013 to 2016 revealed efficiency levels of 1 for the CCR, BCC, and the scales for Ulsan port and the Gwangyang port terminal, indicating efficient operation of the terminals. As a result of benchmarking analysis, Gunsan port 1, 2 terminal, Incheon port, Pyeongtaek Dangjin 2 terminal should benchmark Busan Port and Ulsan Port. Conversely, Malmquist analysis showed a slight increase in the production volume from 2013 to 2015, but a decline to 1 or less from 2015 to 2016. In the case of TECI the technology was confirmed as effective at 1 or more from 2014 to 2015. The TCI value was 0.87 for the period from 2015 to 2016. During this period, the TCI index of all terminals was less than 1.

Key words : Automobile ports, DEA, CCR, BCC, Malmquist

1. 서 론

최근 자동차 수출은 세계적인 수요 둔화, 국내 자동차기업의 해외 생산 확대 등으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 2014년 306만 대에 달하던 자동차 수출물량은 2015년 297만 대에 이어 2016년에는 262만 대를 기록하였다. 2016년 자동차 수출물량은 전년 대비 11.8% 감소한 실적에 해당되나, 당해 년도 우리나라 총 수출액 4,954억 불 중 자동차 수출은 406억 불로서 비중이 8.1%에 달하며 반도체 622억 불(12.5%)에 이어 2위 수출상품에 해당된다.

국내 항만의 자동차 처리물량은 2016년 기준으로 7,230만 톤으로 전체 비컨테이너 화물처리량 10억 6,568만 톤 중

6.8%를 차지하고 있다. 전체 비컨테이너 화물 중 자동차 처리실적을 상회한 유류(4억 3,162만 톤), 광석(1억 3,501만 톤), 유연탄(1억 2,693만 톤), 철재(9,095만 톤) 등 품목이 연료 또는 원자재에 해당되는 품목임을 감안하면 자동차는 제조업에 기반한 수출품목으로서 항만 물동량 증가 또는 감소에 영향을 미치는 전략 품목으로서 성격을 갖는다.

하지만 국내 산업 및 수출, 항만물동량에 기여하는 정도에 비하여 자동차 부두의 생산성에 대한 연구는 미진한 측면이 있다. 컨테이너부두와 벌크부두 등 여타 부두에서는 생산성 측정과 항만경쟁력 강화 요인 연구 등을 통해 하역효율이나 생산성을 향상시키려는 노력이 지속된 반면, 선적을 위한 배후부지 및 하역근로자 등 인적 요소에 크게 의존하는 자동차

† Corresponding author : 종신회원, ktyeo@incheon.ac.kr 032)835-8196

*정희원, seo2010@korea.kr 032)835-4590

*정희원, jmg2203@naver.com 032)835-4590

*정희원, skathth@naver.com 032)835-4590

부두의 경우에는 그 관심이 부족했다고 볼 수 있다. 본 연구는 항만부지, 항만 근로자 등 인적, 물적 측면에서 차이를 보이고 있는 국내 주요 항만의 자동차 부두의 생산성을 측정함으로써 정책적 함의를 제시하고자 한다.

2. 현황분석

2.1 자동차 부두의 특징

자동차 부두는 전용성이 강한 자동차 품목의 특성상 타 품목과 혼재하여 하역/선적이 이루어질 수 없기 때문에 자동차 선적대기를 위한 배후부지의 규모가 중요하다. 일반적으로 자동차 처리항만의 배후에는 완성차 공장이 입지해 있으며, 예외적으로 광양항은 자동차 환적항으로서 배후에 자동차 공장이 위치해 있지 않다. 또한, 자동차 부두는 컨테이너 등 여타 품목을 취급하는 부두와 달리 전체 선적/하역 과정이 근로자에 의존하는 특징이 있어 자동차 부두의 생산성 측정에 있어서는 하역근로자의 숙련도가 중요한 특징을 갖는다.

2.2 국내 자동차 부두 현황

국내 자동차 전용부두는 평택·당진항, 울산항, 인천항, 목포항, 군산항에 위치해 있으며, 그 외 광양항, 부산항, 마산항에서도 자동차 품목을 전용으로 처리하고 있다. 평택·당진항은 국내 최대 자동차처리항만으로서 4개 선석에 1,443만 톤의 하역능력을 갖추고 있다. 항만 인근의 현대자동차 아산공장, 기아자동차 광명, 화성공장, 쌍용자동차 평택공장 등에서 생산된 자동차 품목을 처리하고 있다. 울산항은 인근에 현대자동차 울산공장이 위치해 있으며, 3개 선석에 957만 톤의 하역능력을 갖추고 있다. 인천항은 인근에 한국지엠 부평공장, 대규모 중고자동차 수출단지가 위치하고 있으며, 2개 선석에 620만 톤의 하역능력을 갖추고 있다. 군산항은 인근에 현대자동차 전주공장과 한국지엠 군산공장이 위치하며 3개 선석에 423만 톤의 하역능력을 갖추고 있다. 목포항은 1개 선석에 270만 톤의 하역능력을 갖추고 있다. 자동차 전용부두를 갖추지 못한 여타 항만의 경우, 광양항은 2개 선석에 724만 톤, 부산항은 1개 선석에 158만 톤을 하역할 수 있는 능력을 갖추고 있는 것으로 평가된다.

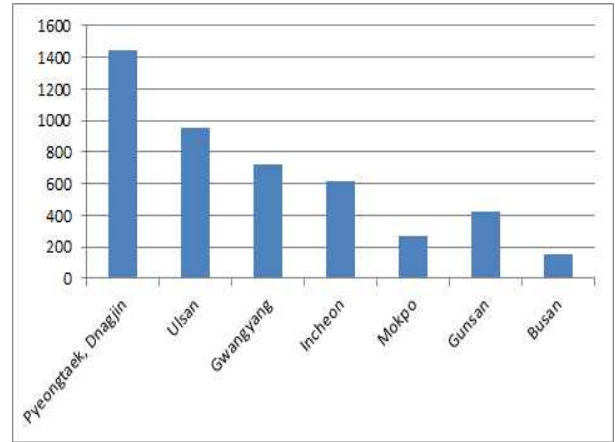


Fig. 1 Capacity of major ports

2.3 국내 자동차 부두 처리실적

2015년 기준, 전국 항만에서 처리된 자동차 물동량은 6,847만 톤으로서 수출 물량이 전체 물동량의 49.4%를 차지하고 있으며, 환적 물량이 31.1%, 연안 물량이 13.7%, 수입 물량이 6.0%를 차지하고 있다.

Table 1 Number of processed car

(Unit: 1,000 ton.)

	2011	2012	2013	2014	2015
Total	46,644	51,123	56,486	62,844	68,478
Import	1,495	1,764	2,532	3,520	4,122
Export	32,083	34,076	33,869	32,815	33,835
Transshipment	8,194	9,832	11,549	17,450	21,171
Coastal	4,872	5,451	8,535	9,058	9,350

Source : Status and performance of car ports, KMI, 2016

최근 5년간 국내 항만의 자동차 처리물량 추이를 보면, 전체 물량은 연평균 10% 증가하는 추세를 보이고 있다. 수출 물량은 3,300만 톤 수준에서 유지되고 있고 수입 물량은 소폭으로 증가세를 보이는 반면에 환적 물량은 연평균 27.4% 증가하면서 전체 자동차 처리실적 증가를 견인하고 있다.

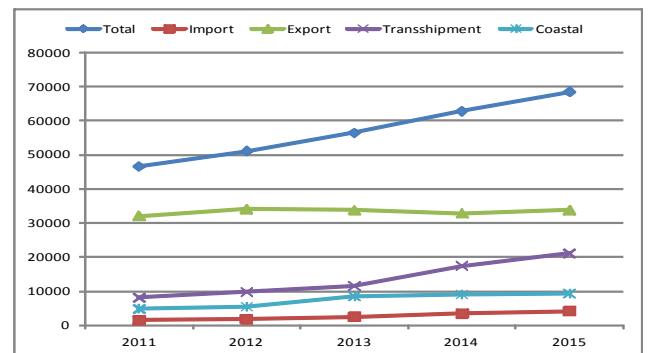


Fig. 2 Changes in the volume of car processing

2015년 기준으로 항만별 처리물량을 비교하면, 평택·당진항이 전국 자동차 처리실적의 22.5%인 1,543만 톤을 처리했으며, 울산항이 전체의 20.0%인 1,161만 톤을 처리하고 광양항이 전체의 18.8%인 1,287만 톤을 처리하였다. 다음으로는 목포항 15.1%, 인천항 7.9%, 군산항 6.1%, 마산항 4.3%, 부산항 3.7% 등의 비중으로 자동차를 처리하였다. 수입/수출/환적/연안 등 유형별로 보면, 2015년 기준으로 울산항과 인천항은 각각 개별 항만에서 처리한 자동차 물동량의 99.1%, 88.6%를 수출 물량이 차지하며, 광양항은 자동차 처리물량의 99.5%가 환적화물인 특징을 보이고 있다.

3. 선행 연구

3.1 자동차 부두에 관련된 기존 연구 고찰

자동차 부두와 관련한 국내·외 연구는 다음과 같다. Kim(2015)는 자동차 항만의 서비스 품질 개선을 통한 경쟁력 강화 방안을 위하여 고객의 이익을 최우선으로 하는 서비스 마인드 향상, 탄력적으로 하역시간을 운영하는 방안, 유관기관과의 연계성을 높여 다양한 항로를 제공, 서비스 품질의 매뉴얼화, 제도화 등 실제적으로 적용할 수 있는 방안 등이 필요하다고 하였다. Kim et al(2016)는 평택항 자동차 하역구조 개선을 위해 항운노조의 상용화 정착, 보다 현실적이고 효과적인 업무협조를 위한 하역 운영사 간의 이해관계가 정립, 작업자의 인식 전환을 통한 자동차 하역의 노동강도 및 작업환경에 순응 등이 필요하다고 하였다. Lee et al(2006)는 인천항 수출입자동차 물류 경쟁력 확보방안에 대한 연구를 진행하였다. 분석 결과, 적정물량 확보 및 전용부두 지정 운영의 필요, 선사의 입항 횟수 증대 노력, 적절한 장치면적의 확보가 필요한 것을 나타냈다. Lee et al(2014)는 러시아 자동차 시장과 우리나라 수출항만 판도 변화에 관한 연구에서 우리나라의 대 러시아 주요 수출 항만들을 대상으로 앞으로 대 러시아 자동차 수출 항만물동량을 증가시키기 위해서는 국내의 자동차의 수출 물량의 흐름 및 구조를 파악하여 차별화된 서비스를 제공하여야 한다고 하였다.

Beskovnik and Twrdy(2011)는 실시간정보를 통해 단기효율화를 이루는 터미널지역에서의 시간당 하역 차량수와 이동율, 차량별 터미널 야드 사용면적, 차량이동에 필요한 고용자수, 게이트관리자 수를 생산성의 기본항목으로 제시하였다. 이외에도 자동차운반차 및 화차의 용량, 효율성 등 관리측면의 항목과 수심에 따른 선박의 작업효율, 총생산성과 순생산성을 분리하여 적용하였다. 생산성을 높이기 위해 세 가지 수준의 의사결정 지원모델을 제시하였는데 내부적 요인, 외부적 요인을 고려하여 높은 생산성과 투자 효율성을 위해 관리, 전략, 운영수준으로 나누어 분석하였다. Brucato(2013)는 팔레트로 유토터미널에 보관, 복합운송, 상하역 등 여러 과정을 통합, 운영하기 위해 객체과정방법을 제안하였고 이를 통

해 효율성을 높인 사례를 보여주었다. Fischer, T&Gehring(2005)는 자동차항만의 근로자 인건비용과 환적비용과의 관계에 대해 연구를 하였다.

3.2 자동차 수출의 항만 선택 요인에 관한 기존 연구 고찰

Lee et al(2013)는 AHP를 활용한 자동차 수출의 항만 선택 요인에 관한 연구에서 제1계층 ‘비용 요인’ 중 내륙운송비가 완성차 수출항만 선택에서 가장 중요 요인으로 평가되었다. 이를 통해 특정 항만이 완성차 수출 화물을 지속적으로 유치하기 위해서는 항만 내 충분한 야적장 확보, 자동차 전용선석 건설 등과 함께 항만운영인력의 전문성 및 숙련도 향상을 위한 노력이 동시에 필요하다고 나타났다. Choi et al(2011)는 AHP를 활용해 수입자동차의 평택항 선택 결정요인을 분석했다. 그 결과 ‘항만입지’가 가장 중요한 결정요인으로 나타났으며 중요도는 ‘항만시설’, ‘항만비용’, ‘항만서비스’, ‘항만마케팅’, ‘항만물동량’의 순으로 나타났다. Malchow 외(2004)는 미국 항만들을 대상으로 연구에서 항만입지가 항만 경쟁력의 가장 중요한 요소이며 화물의 종류도 항만선택에 영향을 주는 중요 요소 중 하나라고 하였다. Tongzon(2009)은 항만선택에 영향을 미치는 요소를 동남아시아 포워더들의 관점에서 연구를 하였고 항만의 효율성이 가장 중요한 항만선택 결정요소로, 선박운항빈도, 충분한 기반시설, 항만입지 순으로 중요한 것으로 나타났다.

3.3 항만 효율성분석을 적용한 기존 연구 고찰

Kim(2012)는 2010년도 광양항과 부산항 그리고 신항의 12개 컨테이너터미널을 대상으로 컨테이너터미널 장비의 효율성을 산출하기 위해 DEA 분석을 이용하였다. C/C수, T/C수, Y/T수, R/S수를 투입변수로, 총 화물처리량(TEU)를 산출변수로 선정하여 분석하였으며 C/C(0.427), TC(0.272), YT(0.156), RS(0.143)순으로 컨테이너 터미널의 효율성에 가장 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다. Kim(2011)은 2006년부터 2010년까지 광양항, 부산항, 인천항의 컨테이너 터미널의 효율성을 측정하기 위해 DEA를 활용하였다. 투입변수로는 안벽길이(m), 야드면적, 장비수, 직원수이고 산출변수는 총 화물처리량(TEU)를 이용하였다. 분석결과, 광양항 ‘통운광양’터미널의 경우 2006년에는 BCC 모형, CCR-초효율성 모형, CCR 모형에 의한 효율성 측정결과 모두 1, 2위로 우수하게 나타났으나, 2007년 이후에는 갑자기 하위로 처져 부진한 것으로 나타났다. Na(2008)은 1997년부터 2006년까지 한국 5대 항만 즉 포항, 울산, 광양, 인천, 부산 항만들의 효율성측정을 위해 DEA 분석을 이용하였다. 투입요소로는 하역능력, CY면적, 부두안벽길이, 접안능력을 사용하였고 산출변수는 외항화물과 연안화물의 물동량 총톤을 사용하였다. 5대항만의 평균에서 순효율성의 변화는 변동이 없으나 기술변화는 연평균 3.6%씩 후퇴하였고 효율성의 변화는 매년 0.3% 정도씩 효율성이 증대된 것으로 나타났다. 전체적으로 총생

산성의 변화에서는 3.1%씩 후퇴한 것으로 나타나고 있다. Na(2009)는 DEA와 Malmquist를 활용하여 1998년부터 2007년의 기간에 대하여 군산항을 비롯한 7개 항만에 대하여 생산성을 비교하였다. 연구결과 지난 10년간 군산항의 총생산성 평균은 약간 감소된 것으로 나타나고 있다. 0.993으로 나타나 연평균 0.7%정도로 총생산성이 낮아진 것으로 측정되었다. 이에 비하여 7개 항만 전체의 평균을 보면 0.983으로 나타나 7개 항만은 총생산성이 약1.7%씩 하락된 것으로 나타나고 있다. 박구용(2010)은 동아시아·유럽·북미지역의 45개 항만을 대상으로 컨테이너항만의 효율성을 측정하기 위해 DEA 분석을 이용했다. 항만시설, 하역장비, 노동, 자본, 항만 서비스를 투입요소로 이용자만족도, 총수입, 터미널 회전을, 기항선사수, 컨테이너 처리량을 산출요소로 하였다. 분석결과 동아시아 항만들은 처리량(TEU), 선석수, 크레인 수에서, 유럽항만들은 기항선사수, 총 안벽길이에서, 북미 항만들은 수심, 터미널 면적에서 상대적으로 우위를 보이는 것으로 나타났다. Park(2009)은 국내 13개 항만을 대상으로 Negative DEA분석을 통해서 가장 효율적인 항만들이 가장 운영위험이 큰 항만들임을 연구하였다. 분석결과, 운영효율성이 가장 낮은 동해항으로 나타났으며, 가장 운영위험이 높은 항만들은 여수, 태안, 속초, 통영, 부산항으로 분석되었다. Park(2010)은 국내 26개 항만을 대상으로 퍼지DEA와 평균 지수변환모형에 의거하여 항만 효율성을 분석하였다. 일반 투입지향 CCR 모형에서는 고현, 통영, 속초, 옥포항이 효율적이었으며, 여수항이 90% 후반의 효율성을 보였다. 퍼지 DEA 평균지수변환모형에서는 속초, 고현항이 가장 효율적이었으며, 여수, 옥포항은 램다값이 커질수록 효율성이 증가되었다. 또한 여수, 서귀포, 완도항은 램다값이 높아질수록 효율성 수치도 높아지는 것으로 나타났다. Park(2010)은 컨테이너 터미널 11개를 대상으로 DEA를 활용한 컨테이너 터미널의 효율성 분석을 하였다. 분석결과, 신선대, 감만, 신감만, PNC는 규모의 효율성이 1로 나타나 효율적인 것으로 나타났다. 반면에 광양항 GICT, KEC, 동부, KIT터미널은 효율성이 0.1에도 미치지 못해 매우 낮은 효율성을 가지고 있는 것으로 나타났다. Bang(2011)은 세계 76개 항만의 상대적 효율성을 DEA를 통해 이용하여 선석길이, 평균수심, 총 터미널면적, 컨테이너 크레인 수를 투입변수로 컨테이너 처리량을 산출변수로 선정하여 분석하였다.

선행연구 분석결과 컨테이너항만이나 벌크항만의 경우 다양한 연구가 진행되었고, 효율성 분석의 연구도 이들 항만에 집중되어 있었다. 자동차 부품 관련 연구는 데이터의 수집이 용이하지 않는 등의 원인으로 연구가 미진한 실정이다.

4. 연구 모형

4.1 CCR·BCC 모형

DEA(Data Envelopment Analysis)는 투입변수와 산출변수를 활용, 의사결정 단위를 뜻하는 DMU(Decision Making Unit)의 효율성과 생산성 분석을 통해 기업의 효율성을 측정하는 비모수적 방법론이다. DEA 분석에는 CCR모형과 BCC모형이 가장 대표적이며 널리 사용된다. CCR모형은 Charnes, Cooper & Rhodes(1978)에 의해 제시되었으며, 규모수익불변(CRS : Constant Returns to Scale)을 가정한다. 각 분석대상의 투입변수의 가중합계에 대한 산출변수의 가중합계의 비율을 계산하며 다음과 같은 식(1)을 사용하여 계산한다.

$$Max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

s.t

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \epsilon > 0, r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \epsilon > 0, i = 1, \dots, m$$

CCR모형은 분석대상의 투입과 산출의 각 합계 비율이 1을 초과해서는 안 된다. 또한 투입·산출요소의 가중치가 1보다 크다는 제약조건을 가진다.

CCR모형과 함께 많이 사용되는 BCC모형은 Banker, Charnes, & Cooper가 1984년 제시한 모형으로, CCR의 단점인 규모의 효율성과 순수 기술 효율성의 구분이 이루어지지 않는 것을 보완하기 위해 규모수익가변(Variable Return to Scale)을 가정한다. BCC모형은 식(2)와 같다.

$$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (2)$$

s.t

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} + u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \epsilon > 0, r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \epsilon > 0, i = 1, \dots, m$$

DEA 분석은 산출량이 정해진 상태에서 투입변수를 기준으로 투입량의 최소화 여부를 측정하는 투입기반모형과 산출

변수를 기준으로 최대의 양을 생산하는지를 분석하는 산출기반 모형으로 나눌 수 있다. 규모의 효율성을 측정하는 방법은 식(3)과 같다.

$$RTS = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (3)$$

CCR모형을 통해 측정된 기술적 효율성은 BCC모형을 통해 측정된 규모의 효율성과 순수 기술 효율성으로 분류함을 보여주고 있다.

4.2 Malmquist 지수

Malmquist 생산성지수(MPI : Malmquist productivity Index)는 1982년 Caves, Christensen 와 Diewert에 의해 정의되었다. DEA의 횡단면적 분석방법과 다르게 종-횡단면적 분석을 통해 기간별 생산성 변화를 측정하고, 생산성의 변화 원인을 기술변화와 효율성변화를 활용하여 설명하는 방법이다.

$$M(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left(\frac{D_c^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_c^t(X^t, Y^t)} \times \frac{D_c^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_c^{t+1}(X^t, Y^t)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

지수의 값이 1 이상일 때 생산성이 향상됨을 의미하며, 1은 정체, 1이하일 때 생산성의 하락을 뜻한다. 기술적 효율성 변화지수(TECI : Technical Efficiency Change Index)는 기술적 생산성 변화에 효율성 변화가 기여한 정도를 나타내는 지수를 뜻한다. TECI는 내부 환경의 영향을 받아 지수가 증가 하거나 감소한다. 기술변화지수(TCI : Technical Change Index)는 기술의 변화에 의해 생산성에 변화하는 정도를 나타내며 지수가 1보다 클 때 기술의 진보를, 1보다 작을 때 기술의 퇴보를 의미하게 된다. TCI는 외부환경에 의해 지수가 영향을 받게 된다.

5. 자동차부두 효율성 분석

5.1 변수선정 및 기초통계량

선행연구 분석과 자동차부두 전문가 인터뷰를 통해 산출된 투입변수와 산출변수는 다음 <Table 2>과 같다. 본 연구에서는 기존 항만 효율성 관련 연구에서 활용한 변수와 자동차 부두의 특성을 감안하고, 해양수산부 항만관련 업무 경험에 있는 공무원과, 국내 해운선사 업무 경력 20년 이상의 전문가 5명과 인터뷰를 통해 투입변수로 인력수와 부두면적을 선정, 산출변수로 처리대수를 선정했다. 자동차를 직접 운

행하여 하역하는 Ro-Ro 방식에서는 무엇보다 투입되는 인력의 수가 중요한 역할을 한다. 또한 컨테이너와 같이 위로를 쌓을 수 없는 자동차의 특성 상 부두부지 또한 유효한 변수로 활용될 수 있다. 산출변수인 처리대수는 대부분의 항만 효율성 분석에서 산출변수로 사용되는 처리량인 처리대수를 활용하였다. 분석에 사용된 분석 대상은 자동차 부두의 각 터미널 8개를 사용하였다. 분석에 사용된 데이터는 한국해양수산개발원 항만수요예측센터의 보고서 데이터와 해양수산부 내부 데이터를 활용하였다.

Table 2 Input and Output factors

	Factors	Authors
Input	Number of workers	Park et al(2010), Park et al(2009), Park et al(2010), Bang et al(2011)
	Size of ports	Kim et al(2011), Na et al(2008), Bang et al(2011)
Output	Number of processed car	Kim et al(2012), Kim et al(2011), Na et al(2008), Park et al(2010), Park et al(2009), Park et al(2010), Bang et al(2011)

본 연구에서 분석한 2013년부터 2016년까지의 자동차부두 터미널 8개의 각 변수별 기초통계량은 다음 표와 같다. 평균 투입 인력수는 2013년 170명에서 2016년 181.2명으로 증가하였고, 부두 면적의 경우 216,363.50㎡로 동일하였다. 처리대수는 444,600.38 대에서 503,239.50대로 약 13% 증가하였다.

Table 3 Statistics of Korean Automobile ports

		Number of workers	Size of ports(㎡)	Number of processed car
2013	Mean	170.71	216,363.50	444,600.38
	SD	133.22	259,568.56	352,606.71
2014	Mean	175.34	216,363.50	512,411.00
	SD	129.41	259,568.56	384,787.08
2015	Mean	180.53	216,363.50	564,768.13
	SD	126.81	259,568.56	421,098.91
2016	Mean	181.20	216,363.50	503,239.50
	SD	125.61	259,568.56	379,044.93

5.2 효율성 분석

2013년부터 2016년도 까지 4년간 8개의 자동차 부두 터미널의 효율성 분석결과, 울산항 및 광양항 터미널의 CCR, BCC, SE 지수가 모두 1로 나타나 효율적 운영이 이루어지고 있는 것으로 분석되었다. 2016년을 기준으로 CCR, BCC, SE의 평균값은 각각 0.68, 0.85, 0.74이었다. 평균 보다 낮은 값을 보인 DMU는 인천항 터미널, 군산항 1터미널, 군산항 2터미널로 나타났다.

Table 4 Results of efficiency analysis

	2013				2014				2015				2016			
	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS
Gwangyang	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS
Gunsan 1	0.09	0.67	0.13	IRS	0.03	0.67	0.04	CRS	0.03	0.67	0.04	IRS	0.01	0.67	0.01	IRS
Gunsan 2	0.09	0.52	0.17	IRS	0.15	0.54	0.28	IRS	0.19	0.54	0.34	CRS	0.22	0.55	0.40	IRS
Busan	0.83	1.00	0.83	IRS	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS	0.84	1.00	0.84	IRS
Ulsan	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS
Incheon	0.45	0.62	0.71	IRS	0.39	0.61	0.64	IRS	0.39	0.61	0.64	CRS	0.40	0.61	0.65	IRS
Pyeongtaek 1	1.00	1.00	1.00	CRS	0.96	0.96	1.00	DRS	0.89	0.94	0.94	DRS	1.00	1.00	1.00	CRS
Pyeongtaek 2	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	CRS	1.00	1.00	1.00	DRS	0.96	0.96	1.00	IRS
Average	0.68	0.85	0.73	-	0.69	0.85	0.75	-	0.69	0.85	0.75	-	0.68	0.85	0.74	-

규모의 수익성을 나타내는 RTS(Return to Scale) 측면에서 보면, 2016년도 기준 광양항, 울산항, 평택 당진1터미널이 CRS(Constant Return to Scale)로 규모를 유지해야 하는 것으로 나타났고, 군산항 1터미널, 군산항 2터미널, 부산항, 인천항, 평택 당진2터미널이 IRS(Increasing Return to Scale)로 규모를 확장시켜야 하는 것으로 나타났다. 아래 <Table 4>은 2013년부터 2016년도의 각 터미널 별 CCR, BCC, SE, RTS값을 나타낸다.

5.3 벤치마킹 대상 분석결과

DEA-BCC 모형을 통해 효율성이 낮게 나타난 자동차부품 터미널의 벤치마킹 대상을 확인하여, 증가 혹은 감소시켜야 할 투입물과 산출량을 파악하였다. 2016년도의 벤치마킹 분석결과 군산항 1터미널은 부산항을, 군산항 2터미널은 부산항과 울산항을, 인천항은 부산항과 울산항을 마지막으로 평택 당진2터미널은 부산항, 울산항, 평택 당진 1터미널을 벤치마킹해야 하는 것으로 분석됐다. 아래 <Table 5>은 2016년도의 각 터미널별 벤치마킹 대상과 람다값이다.

Table 5 Benchmarking results for 2016

	BCC	Reference set (Lamda)
Gwangyang	1.00	Gwangyang(1)
Gunsan 1	0.67	Busan(1)
Gunsan 2	0.55	Busan(0.82), Ulsan(0.18)
Busan	1.00	Busan(1)
Ulsan	1.00	Ulsan(1)
Incheon	0.61	Busan(0.87), Ulsan(0.13)
Pyeongtaek 1	1.00	Pyeongtaek 1(1)
Pyeongtaek 2	0.96	Pyeongtaek 1(0.82), Ulsan(0.15), Busan(0.03)

5.4 Malmquist 분석 결과

MPI의 값이 1이상이면 생산성 향상을 나타내고, 1일 때 생산량 변화 없음, 1이하일 때 생산량의 감소를 의미한다. 분석에 사용된 전체 터미널의 생산량은 2013년부터 2015년까지 조금씩 증가하였으나, 2015년에서 2016년에 오며 1 이하의 값으로 생산량하락이 발생한 것으로 분석됐다. 개별 터미널의 MPI지수 분석 결과 인천항만이 2013년부터 지속적으로 생산량이 감소한 것으로 나타났다. 군산항 2터미널의 경우 2015년부터 2016년도의 MPI 지수가 1.0289로 유일하게 생산량이 증가한 터미널로 나타났다.

Table 6 Results of Malmquist

	MPI				TECI				TCI			
	13-14	14-15	15-16	Mean	13-14	14-15	15-16	Mean	13-14	14-15	15-16	Mean
Gwangyang	1.25	1.12	0.92	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.12	0.92	1.10
Gunsan 1	0.31	1.10	0.23	0.55	0.30	1.14	0.27	0.57	1.03	0.96	0.87	0.95
Gunsan 2	1.65	1.23	1.03	1.30	1.61	1.23	1.18	1.34	1.03	0.97	0.87	0.96
Busan	1.33	1.16	0.70	1.06	1.21	1.00	0.84	1.02	1.10	1.16	0.83	1.03
Ulsan	1.03	0.97	0.87	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	0.97	0.87	0.96
Incheon	0.92	0.96	0.89	0.92	0.88	0.98	1.02	0.96	1.04	0.98	0.87	0.96
Pyeongtaek 1	1.03	1.02	0.95	1.00	0.96	0.92	1.13	1.00	1.07	1.10	0.84	1.01
Pyeongtaek 2	1.07	1.02	0.81	0.97	1.00	1.00	0.96	0.99	1.07	1.02	0.85	0.98
Mean	1.07	1.07	0.80		0.99	1.03	0.92		1.08	1.03	0.87	

TECI의 경우 2014년부터 2015년까지만 1 이상으로 기술이 효율적인 것으로 나타났다. 개별적으로 보면 광양항과 울산항, 군산항 2터미널은 모든 분석 기간 동안 TECI값이 1 이상으로 효율적 운영이 이뤄지고 있는 것으로 나타났으며, 이 중 군산항 2터미널의 효율성이 가장 높은 것으로 나타났다. TECI값은 2015년부터 2016년까지의 기간만이 평균 0.87로 기술의 퇴보가 일어난 것으로 분석되었다. 이 기간에는 전체 터미널의 TCI 지수가 모두 1 이하로 나타났다.

6. 결론

최근 자동차 수출은 세계적인 수요 둔화, 국내 자동차기업의 해외 생산 확대 등으로 감소하는 추세를 보이고 있다. 국내 항만의 자동차 처리물량은 2016년 기준 7,230만 톤으로 이는 전체 비컨테이너 화물처리량의 6.8%에 해당하는 물량이다. 자동차는 제조업에 기반한 수출품목으로서 항만 물동량 증가 또는 감소에 영향을 미치는 전략 품목으로서 성격을 갖는다. 선행연구 분석결과 컨테이너부두와 벌크부두 등 여타 부두에서는 생산성 측정과 항만경쟁력 강화 요인에 대한 연구는 활발히 진행된 반면, 선적을 위한 배후부지 및 하역근로자 등 인적 요소에 크게 의존하는 자동차 부두의 경우에는 그 관심이 부족했다고 볼 수 있다.

이에 본 연구는 국내 자동차부두의 정책적 함의를 제시하고자 자동차 항만 터미널 8개의 효율성과 생산성 분석을 실시하였다. 효율성과 생산성 측정을 위해 항만부지와 인력수를 투입변수로, 처리 대수를 산출변수로 활용, DEA-CCR, BCC 및 Malmquist 분석을 실시하였다.

DEA 분석결과 울산항과 광양항 터미널의 CCR, BCC, SE 지수가 모두 1로 나타나 효율적 운영이 이루어지고 있는 것으로 분석되었다. 2016년을 기준으로 CCR, BCC, SE의 평균 값은 각각 0.68, 0.85, 0.74이었다. 평균 보다 낮은 값을 보인 DMU는 인천항 터미널, 군산항 1터미널, 군산항 2터미널로 나타났다.

Malmquist 분석 결과 전체 터미널의 생산량은 2013년부터 2015년까지 조금씩 증가하였으나, 2015년에서 2016년에 오며 1 이하의 값으로 생산량 하락이 발생한 것으로 분석됐다. 개별 터미널의 MPI지수 분석 결과 인천항만이 2013년부터 지속적으로 생산량이 감소한 것으로 나타났다. 군산항 2터미널의 경우 2015년부터 2016년도의 MPI 지수가 1.0289로 유일하게 생산량이 증가한 터미널로 나타났다. TECI의 경우 2014년부터 2015년까지만 1 이상으로 기술이 효율적인 것으로 나타났다. TECI는 일반적으로 내부 요인의 영향을 받는 지수로, 투입 변수인 인력수나, 항만 부지 그리고 산출 변수인 처리대수 등의 내부 요소의 전반적 효율성 개선을 통해 향상 시켜야 한다. TCI값은 2015년부터 2016년까지의 기간만이 평균 0.87로 기술의 퇴보가 일어난 것으로 분석되었다. 이 기간에는 전체 터미널의 TCI 지수가 모두 1 이하로 나타

났다. TCI 지수의 경우 외부 요인에 영향을 받기에 정부 차원에서의 정책적 지원을 통해 자동차 부두의 효율성 증대를 도모해야 한다.

본 연구결과는 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 울산항, 광양항, 평택항1의 터미널이 효율적으로 운영되고 있는 분석결과는 해당 항만에서 규모의 경제를 실현하고 있다는 사실을 보여준다. 울산항, 광양항, 평택항은 전체 항만 중 자동차 취급물량 기준으로 상위 3개 항만으로서 여타 항만과 비교하여 규모의 경제에 기반하여 효율성을 확보하고 있다. 특히 울산항의 경우는 부두면적이 상대적으로 협소함에도 불구하고 높은 효율성을 확보하고 있는데 이는 울산항에 인접해 현대자동차공장이 위치하고 있어 자동차 제작, 보관, 선적 등 제반 과정이 효율적으로 설계되어 있기 때문이다. 둘째, 군산항, 인천항 등은 터미널 운영효율성 개선을 위해 울산항, 광양항 등의 우수한 터미널의 사례를 분석하여 벤치마킹할 필요가 있다. 인천항은 부두면적이 협소한 이유로 자동차부두 밖에 별도의 야적장을 운영하여 자동차를 보관하고 있기 때문에 선적을 위한 자동차제품 운송과정이 복잡한 측면이 있고 하역근로자도 적정 규모 이상인 것으로 보이며, 군산항은 부두규모가 유사한 여타 항만에 비해 하역근로자의 규모가 월등히 높은 수준을 보여주고 있다. 광양항과 평택항은 위 2개의 항만과 비교하여 하역근로자의 투입규모가 작고 부두면적도 충분히 확보되어 있다고 볼 수 있다. 셋째, 터미널 운영효율성이 낮게 평가된 군산항, 인천항의 경우 효율성을 향상하기 위해서는 자동차 물량 유치를 통해 규모의 경제를 확보하는 방법을 모색하거나 자동차 선적/하역에 투입되는 근로자 수 및 규모를 유동적으로 제어하는 체계를 구축할 필요성이 있다. 하역근로자 공급을 항운노조에서 담당하는 조직적 구조 하에서는 자동차부두의 효율적 운영을 위한 적정 근로자 규모 산정 및 현장 투입이 제한될 수 있다.

References

- [1] Bang, H. S., Kang, D. J., Park, J. H.(2011), "A Study on the Efficiency Analysis of Major Container Ports", Korea trade review, Vol. 36, No. 2, pp. 1-23.
- [2] Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W.(1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis". Management science, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
- [3] Beskovnik, B. and Twrdy, E.(2011), "Managing Maritime Automobile Terminals: An Approach Toward Decision-Support Model for Higher Productivity", International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 3, No. 4, pp. 233-241.
- [4] Brucato, J.(2013), "Improving Car Port Terminals

- Efficiency Through Modelling and Simulation”, Proceedings of the International Conference on Harbor Maritime and Multimodal Logistics M&S, pp. 100-105.
- [5] Caves, D. W., Christensen, L. R. and Diewert, W. E.(1982), “The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity”, Journal of the Econometric Society, pp. 1393-1414.
- [6] 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.
- [7] Cheon, S. H., Dowall, D. E. and Song, D. W.(2010), “Evaluating impacts of institutional reforms on port efficiency changes: Ownership, corporate structure, and total factor productivity changes of world container ports”, Transportation Research Part E, Vol. 46, pp. 546-561.
- [8] Choi, K. Y.(2011), “A Research on the Factors for Selecting Pyeongtaek Port for Importation of Cars”, Journal of Korea Port Economic Association, pp. 231-245.
- [9] Fischer, T., & Gehring, H.(2005), “Planning vehicle transshipment in a seaport automobile terminal using a multi-agent system”, European Journal of Operational Research, Vol. 166, No. 3, pp. 726-740.
- [10] Kim, H. S., Sun, I. S., An S. B.(2015), “A Study on the Effect of Automobile Port’s Service Quality on Customer Satisfaction and Loyalty : Focusing on the Pyeong-taek Automobile Port”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 31, No. 4, pp. 91-106.
- [11] Kim, H. S., Sun, I. S., Kim, J. S.(2016), “The Empirical Analysis on Improvement Effect of Automobile Loading-Unloading Structure in Pyeongtaek Port”, Korean Review of Corporation Management, Vol. 7, No. 1, pp. 93-94.
- [12] Kim, J. Y., Chin, H. I., Kim, S. M.(2011), “An Analysis of Efficiency of Container Terminal Companies in Gwangyang, Busan and Incheon Port”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 27, No. 4, pp. 187-205.
- [13] Kim, S. G, Choi, Y. S.(2012), “An AHP/DEA Hybrid Model for Efficiency Evaluation of Container Terminal”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 28, No. 2, pp. 179-194.
- [14] KMI(2016), Status and performance of car ports.
- [15] Lee, E. K., Kim, J. M., Jeong, D. H.(2014), “A Study on the Change of Dominion in Russian Automotive Industry and Korea Port to Export Cars to the Russia”, The Journal of Information Technology and Architecture, Vol. 11, No. 3, pp. 359-369.
- [16] Lee, K. H., Chung, T. W., Choi, S. L.(2006), “A Strategy to Enhance Logistics Competitiveness of Export and Import Automobile in Incheon Port”, Korea Research Academy of Distribution and Management Review, Vol. 9, No. 2, pp. 59-81.
- [17] Lee, T. et al.(2015), “A Comparative Analysis of Terminal Efficiency in Northeast Asia Container Ports”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 39, No. 1, pp. 55-60.
- [18] Lee, Y. C., Lee, J. Y.(2013), “A Study on the Port Selection Factors for Automobile Export”, Korean Journal of Logistics, Vol. 21, No. 1, pp. 23-34.
- [19] Lin, L. C. and Tseng, C. C.(2007), “Operational performance evaluation of major container ports in th Asia-Pacific region”, Maritime Policy&Management, Vol. 34, No. 6, pp. 535-551.
- [20] Malchow, M. B. and Kanafani. A.(2004), “A Disaggregate Analysis of Port Selection,” Transportation Research Part E, pp. 317-337.
- [21] Na, H. S., Kim, H. C.(2009), “The Comparative Study on the Efficiency of Kunsan Port”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 25, No. 2, pp. 277-300.
- [22] Na, H. S., Lee, Y., Lee, K. S.(2008), “The Comparative Study on the Efficiency of Five Largest Seaports in Korea”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 24, No. 4, pp. 25-46.
- [23] Park, B. K. et al.(2007), “A Study on the Efficiency Analysis of Korean Container Terminal - Focus on Busan Port, Gwangyang Port”, Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 31, No. 1, pp. 89-97.
- [24] Park, H. G.(2010), “The Data Envelopment Analysis of Container Terminals to Transshipment Cargo”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 26, No. 1, pp. 1-19.
- [25] Park, K. W.(2010), “Comparison of Efficiencies of Container Ports in the East Asia, Europe, and North America”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 26, No. 4, pp. 219-246.
- [26] Park, Ro. K.(2009), “A Measurement Way of Operation Risk Evaluation of Korean Seaports Using Negative DEA”, Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 25, No. 2, pp. 57-72.

- [27] Park, Ro. K.(2010), "A Measurement Way of Seaport Efficiency and Ranking Using Fuzzy DEA: Average Index Transformation Model Approach", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 26, No. 2, pp. 82-98.
- [28] Song, J. Y., Sin, C. H.(2005), "An Empirical Study on the Efficiency of Major Container Ports with DEA Model", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 29, No. 3, pp. 195-201.
- [29] Tongzon, J.(2009), "Port Choice and Freight Forwarders," Transportation Research Part E, pp. 186-195.
- [31] Tongzon, J.(2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis", Transportation Research Part A, Vol. 35, pp. 107-122.
- [32] Valentine, V. C. and Gray, R.(2002), "Competition of Hub Ports: A comparison Between Europe and the Far East", Korean Association of Shipping Studies, Vol. 35, pp. 193-213.
- [33] Wang, T. F., Cullinane, K. and Song, D. W.(2003), "Container Port Production Efficiency: A comparative Study of DEA and FDH approaches", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 698-713.
- [34] WorleyParsons Westmar Corp.(2012), "Operational Efficiencies of Port/Terminals World-Wide, Final Draft".

Received 10 May 2017

Revised 05 June 2017

Accepted 07 June 2017

