

# 동아시아·유럽·북미 컨테이너항만의 상대적 효율성 비교 분석\*

박구웅\*\*

## Comparison of Efficiencies of Container Ports in the East Asia, Europe, and North America

Koo Woong Park

### 목 차

I. 서론	IV. 효율성 분석
II. 기존연구	V. 회귀분석
III. DEA 모형	VI. 결론

Key Words: Container Terminal, DEA(Data Envelopment Analysis), Efficiency, Tobit Regression Analysis

### Abstract

Countries around the world are propelling policies and strategies to strengthen the competitiveness of their own ports as they recognize the roles and importance of the ports in the international trade and logistics. The main objective of this study is to compare efficiencies of major container ports and analyze the factors that affect the efficiencies in the three regions of East Asia, Europe, and North America, which cover most of world container shipping. We employ DEA models in analyzing the efficiencies of 45 container ports using 5 input and 2 output variables. We also carry out regression analyses to estimate the impacts of each factor on the throughput (TEU), overall technical efficiency (OTE), pure technical efficiency (PTE), and scale efficiency (SE). The analysis results show that East Asian ports, despite being smaller in average size, make greater output and achieve higher technical and scale efficiencies than European or North American ports.

▷ 논문접수: 2010.10.31 ▷ 심사완료: 2010.11.28 ▷ 게재확정: 2010.12.07

\* 본 논문의 작성에 있어서 논문의 구성 및 효율성분석에 대하여 많은 도움을 주신 인천대학교 무역학부 안영효 교수님께 진심으로 감사드립니다.

\*\* 인천대학교 무역학부 전임강사, kwpark@incheon.ac.kr, 032)835-8546

## I. 서론

최근 전 세계적인 경기침체의 여파로 미래 경제에 대한 불확실성이 높아가고 소비와 투자가 위축되고 있다. 이러한 상황에서 동아시아, 유럽, 북미 등을 포함한 전 세계의 주요 경제지역에서는 경제회복을 추진하면서 국제무역과 물류의 중요한 위치를 점하고 있는 항만의 역할과 가치에 주목하고 있다. 이에 따라 각국은 자국 항만을 물류의 허브로 성장시키기 위한 각종 정책을 수립하면서 항만의 대형화, 시설 및 장비의 현대화, 선사 및 화물 유치를 위한 인센티브 제공 등을 강화하고 있다.

각국이 항만의 경쟁력을 향상시키기 위한 각종 전략을 추진하고 허브항만으로서의 지위를 선점하고자 하는 상황에서 전 세계 주요 지역의 항만과 비교하여 어느 정도 효율성을 가지고 있는지를 평가하고 발전방향을 모색하고자 하는 시도는 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전 세계 컨테이너물동량의 대부분을 차지하고 있는 3개 지역, 즉 동아시아, 유럽, 북미지역의 주요 컨테이너항만의 효율성을 비교하고 효율성에 영향을 미치는 요소들을 분석하여 제시하고자 한다.

항만에 대한 효율성은 여러 가지의 자원을 투입하여 얻어지는 다수의 산출 결과를 종합적으로 고려하여 판단하나, 규모가 각기 다른 항만의 효율성을 객관적으로 평가하는 것은 매우 어려운 일이다. 본 연구에서는 항만에 대한 객관적이고 합리적인 효율성 측정과 평가를 위한 방법으로 비모수적인 측정기법인 DEA를 소개하고 동아시아·유럽·북미 컨테이너항만 운영에 대한 효율성을 평가한다. 또한 TEU로 나타낸 처리량과 DEA를 통해 산출된 효율성 값을 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하여 투입 및 산출 변수가 효율성에 미치는 영향을 분석하기로 한다.

본 연구는 전 세계 주요 항만의 효율성을 지역별로 비교 분석하였고 투입요소와 산출요소가 효율성에 어떻게 영향을 미치는지 살펴봄으로써 향후 항만의 발전에 참조가 되기를 기대한다. 본 연구에서 Containerisation International Yearbook 2009에서 제시된 365개 컨테이너항만 중 컨테이너 처리량(TEU) 70위 안에 드는 동아시아 23개, 유럽 11개, 북미 11개, 총 45개 항만을 대상으로 효율성을 측정하여 비교하고자 한다. 최근의 국제운송은 컨테이너가 대세이며 주요 항만은 컨테이너항만이 대부분일 뿐만 아니라 효율성을 측정할 수 있는 수치화된 자료를 용이하게 활용할 수 있다는 점에서 컨테이너항만을 대상으로 한 것은 시의적절하다고 할 수 있다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 그동안 진행되어 온 대표적인 연구를 살펴보고, III장에서는 DEA 모형을 소개한다. IV장은 DEA 모형을 이용한 효율성 분석이고, V장에서는 회귀분석결과를 보여준다. VI장은 결론이다.

## II. 기존 연구

박길영 외(2005)는 중국의 8개 항만과 한국의 부산, 인천항을 대상으로 생산효율성에 중점을 둔 DEA기법을 이용하여 2000년도 자료기준 컨테이너 항만의 국제경쟁력을 분석하고 있다. 특히 DEA분석방법 중에서 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석방법의 측정결과물인 우선순위벡터(priority vector)수치를 이용한 변수별 가중치접근방법을 적용하고 있다. 박노경(2008)은 1994년 및 1995년의 한국 20개 항만의 효율성을 측정하고, 양년도 모두 효율적인 항만을 제외한 16개 항만들의 효율성 순위를 이용하여 월콕슨의 부호순위검정을 통해 슬랙변수모형이 갖고 있는 항만효율성측면의 예측력을 측정하는 방법을 보여주고 있다. 이장원 외(2008)는 한국의 3개 항만, 중국의 7개 항만, 일본의 6개 항만을 대상으로 DEA기법을 이용하여 각 항만의 경쟁력을 분석하고 효율성 추세를 분석하였다. 하명신(2009)은 2005~2007년 자료를 이용하여 동북아시아 23개, 미국의 12개 컨테이너항만에 대해 DEA기법을 이용한 효율성 분석을 행하고 있다. 황진수 외(2009)는 국내 25개 컨테이너 항만에 대한 2006년 자료를 이용하여 항만의 소유구조에 따른 효율성 분석을 수행하였다. 사용기법은 베이지안(Bayesian) 확률적 프론티어 모형(SFM)이며, 컨테이너 처리 TEU를 산출량으로 하고 부두길이, 면적, 컨테이너 크레인 수와 대형 항만의 기준이 되는 백만 TEU 처리여부 dummy 변수와 민간참여도 점수를 투입변수로 하였다. 나주몽·경성림(2010)은 DEA기법을 이용하여 한국의 3대항만과 중국의 4대항만을 대상으로 2002~2008년 간 각 항만별 기술효율성을 측정하고, 또한 투입-산출변수의 성장률에 대한 포지셔닝 분석을 통해 생산구조의 경쟁력을 분석하고 있다. 모수원·이광배(2010)는 부산항의 7개 컨테이너 터미널, 광양항의 6개 컨테이너 터미널의 2003~2008년간의 터미널별 효율성 추이를 분석하고 있다. DEA기법을 이용하여 총효율성, 순수 기술적 효율성, 규모의 효율성을 분석하고 비효율의 원인이 어디에 있는지와 규모의 수익상태를 보여주고 있다. 또한 Tobit모형을 이용한 중도절단회귀분석도 수행하고 있다. 박홍균(2010)은 부산과 광양의 11개 컨테이너 터미널에 대하여 DEA에 의한 효율성분석을 수행하고 실증분석을 위하여 이분산 토빗모형을 적용하여 컨테이너 야드에서 하역장비의 효율성에 각각의 하역장비가 미치는 영향을 분석하고 있다.

Cullinane and Song(2003)은 항만의 사유화와 규제완화에 따른 경쟁효과 및 상업화에 대한 연구를 영국의 컨테이너 항을 기준으로 한 한국의 컨테이너 항의 효율성 비교를 통해 진행하였다. SFA기법을 이용하여 생산효율성을 횡단면(cross-sectional) 분석 및 패널 데이터 분석을 통하여 수행하였다. 민간부문의 참여도가 높을수록 그리고 규제완화에 따라 생산효율성이 높다는 것을 보여주고 있다. Cullinane and Wang(2006)은 DEA기법을 사용하여 1만 TEU이상의 유럽의 69개 컨테이너 터미널의 효율성을 측정하

였다. 컨테이너 터미널에 있어서 규모의 특성, 그리고 지리적 영향과 효율성간의 관계에 대하여도 연구하고 있다. Cullinane and Wang(2010)은 25개 항만에 대한 패널데이터 분석을 통해 항만의 중장기 효율성을 분석하고 있다. 이를 통해 컨테이너 항만의 생산에 상당한 손실이 있음을 밝히고 컨테이너항만의 경쟁력을 평가하고, 최상의 운영 벤치마킹과 비효율성의 요인을 찾기 위한 기반을 제공하고 있다. Cullinane 외(2006)는 DEA와 SFA기법을 동일한 항만그룹에 적용하여 효율성을 측정된 결과 두 기법의 결과간에 높은 상관관계가 있음을 확인하였고, 또한 항만의 규모가 클수록, 민간부문의 참여가 높을수록, 그리고 단순입출항기능보다는 환적기능을 갖는 항만에서 기술적 효율성이 더 높음을 보여준다. 한편 panel data 분석을 이용한 동적분석을 통해 횡단면분석으로부터 야기될 수 있는 충동적이고 위험한 투자에 대한 경계를 강조하고 있다.

Dragovic 외(2006)는 부산 동부 컨테이너 터미널(Busan East Container Terminal)에 대하여 모의실험 및 대기 이론에 기반한 선박-선석 연계(ship-berth link)의 성능평가를 수행하였다. 선석활용율, 평균대기 선박수, 평균대기 시간, 선박당 작업시간, 평균 총 체류시간, 안벽크레인의 평균생산성, 선박당 안벽크레인의 수 등을 이용하여 운영효율성과 선박-선석 연계 절차를 분석하였다. Lin과 Tseng(2007)은 DEA기법의 다섯 가지 모형을 이용하여 아시아-태평양 지역 컨테이너항만의 운영효율과 항만효율성의 추세를 연구하고 있다. 본 연구는 첫째, 효율성 가치분석을 바탕으로 비효율의 원인을 검토하고, 둘째, 슬랙 변수 분석을 통하여 비효율적 항만의 잠재적 개선방안을 파악하며, 셋째, 각 항만의 규모의 경제의 크기를 확인하고, 넷째, 민감도 테스트를 통하여 어떤 입출력 변수들이 효율성 측면에서 더 큰 영향력이 있는지를 수행하였다. Cheon 외(2009)는 1991년부터 2004년 사이의 전 세계적인 항만개선과 기술개발이 컨테이너항만의 효율성에 미치는 영향을 추정하고 있다. Malmquist 생산성지수를 통하여 효율성의 변화와 효율성의 상승/하락 원인을 파악하고 있다. Cheon 외는 첫째, 규모의 효율성이 중요한 요소이기는 하지만 절대적 영향력은 없고, 둘째, 세계적인 경쟁으로 인하여 기구개편과 자본확충을 통한 외부적 약점의 극복을 가능하게 하고, 셋째, 기술개발에의 공격적 투자는 경쟁항만의 손쉬운 모방에 따라 제한된 역할에 그친다는 것을 밝히고 있다. Choi and Zhang(2009)은 한국 3개 항만, 중국의 9개 항만, 그리고 대만의 카오슝항을 대상으로 2005~2007년 3개년간의 자료를 이용하고 DEA기법을 적용하여 각 항만의 효율성을 분석하였다. 출력변수로는 처리 TEU, 입력변수로는 선석길이, 터미널 면적, 크레인 수를 이용하고 있다. 3년간의 자료를 이용함으로써 각 항만의 동적 변화에 대하여도 고찰하고 있다.

de Koster 외(2009)는 벤치마킹으로부터의 효율성 점수를 기존 연구와 비교하고 그 차이의 배경에 대하여 연구하고 있다. 특히 DEA기법의 컨테이너터미널 효율성비교에의 적용시에 필요조건으로 터미널의 형태와 규모의 차이, 입출력 자료의 정확성과 추가

적 정보의 중요성을 강조하고 있다. Panayides 외(2009)는 항만효율성 측정을 위한 DEA기법적용 연구를 전반적으로 검토하고, 특히 계수(parameters)의 결정, 표본 영역, 적용 DEA기법의 선택에 있어서의 문제점과 한계에 대하여 논의하고 있으며 항만에 있어서 새로이 변형된 기법의 적용을 제시하고 있다. Yan 외(2009)는 SFA 기법을 이용하여 1997~2004년 간 세계주요 컨테이너 항의 운영사들의 생산효율성을 분석하였다. 개별항만의 기술수준과 기술변화를 감안한 Markov Chain Monte Carlo 모의실험을 통한 베이지안(Bayesian) 접근방법을 이용하여 각 항만의 효율성, 효율성변화, 효율성의 지속성을 측정하였다. 컨테이너 운영사들의 평균효율성은 최적수준의 70~90% 수준임을 확인하고 있으며, 개별 항만의 기술적 차이를 고려하지 않는 경우 결과는 크게 달라질 수 있음을 보여주고 있다. Hung 외(2010)는 아시아의 컨테이너 항만에 대한 운영효율성, 규모의 효율성 목표값, DEA 효율성 추정의 변동성을 연구하고 있다. 최적생산성 규모 개념, 규모의 경제 접근방식, 부트스트랩(bootstrap)방식을 이용하여 운영성과를 평가하고, 규모의 효율성 목표값을 설정하며, 이에 따라 아시아 컨테이너항의 효율성순위를 매기고 있다. Wu와 Goh(2010)는 2005년의 수출입 물동량을 기준으로 DEA기법을 이용하여 신흥개발국(BRIC과 Next-11)의 컨테이너 항만과 선진국(G7)의 항만의 효율성을 비교하고 있다. 연구결과는 선진국의 어떤 항만도 모범적인 표준이 되지 못한다는 것이며, 신흥개발국의 항만효율성에 대한 새로운 시각을 갖게 해주고 있다.

이상의 기존 연구내용을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 기존 연구 요약

구분 \ 연구학자	박길영 외(2005)	박노경(2008)	이장원 외(2008)
분석대상 국가	중국, 한국	한국	한국, 중국, 일본
분석대상	대련, 칭도, 상해외 8개, 부산, 인천	부산, 인천 외	부산, 광양, 인천, 도쿄,요코하마,고베외6개, 광저우,상해,심천 외 7개
표본수	10	20	16
분석모형	DEA중 AHP(Analytic Hierarchy Process), 우선순위벡터수치 이용, 변수별가중치접근방법	1994, 1995년 20개 항만의 효율성측정 후 16개 항만에 대하여 윌콕슨의 부호순위검정이용, 항만효율성측면의 예측력 측정	DEA기법을 이용한 경쟁력 분석 및 효율성분석, 산출변수는 처리량, 투입변수는 선석수, 선석길이, 수심, 크레인수, 부두면적

연구학자 구분	하명신(2009)	황진수 외(2009)	나주몽·경성립(2010)
분석대상 국가	동북아, 미국	전세계	한국, 중국
분석대상	부산, 인천, 광양 홍콩, 상해, 선전 등12개 카오슝, 기룽, 타이쑹 도쿄, 요코하마 등 5개 로스앤젤레스, 뉴욕/뉴저지 등 12개	Containerisation International 2006 기준, 상위 23개 + 울산, 평택	부산, 인천, 광양 상해, 심천, 광저우, 홍콩
표본수	35	25	7
분석모형	DEA-SOLVER를 이용하여 2005~2007년 CCR, BCC, 규모의 효율성 측정, 지역별 상대적 효율성 분석	베이지안(Bayesian) 확률적 프론티어모형 (SFA)이용, 항만의 소유구조에 따른 효율성 분석	DEA기법이용 2002~2008년간 항만별 기술적효율성 측정, 투입-산출변수의 성장률에 대한 포지셔닝 분석을 통해 생산구조의 경쟁력 분석

연구학자 구분	모수원·이광배(2010)	박홍균(2010)	Cullinane·Song(2003)
분석대상 국가	한국	한국	한국, 영국
분석대상	부산, 광양	부산, 광양	부산 (자성대, 신선대), 틸베리, 사우샘프턴, 펠릭스투우
표본수	13	11	5
분석모형	DEA기법을 이용하여 2003~2008년간 13개 터미널 별 TE, PTE, SE를 계산, 또한 Tobit 중도절단회귀모형을 이용하여 터미널효율성에 영향을 미치는 변수들에 대한 실증 분석	DEA 기법을 이용하여 11개 컨테이너 터미널의 효율성을 분석하고 Tobit모형을 이용한 실증분석, 갠트리크레인, 야드트랙터, 리치스태커 등 야드장비별 영향분석을 실시	SFA기법을 이용하여 생산효율성을 횡단면분석 및 패널데이터 분석, 민간부문의 참여도가 높을수록 규제완화에 따라 효율성이 높다는 것을 보여줌

동아시아·유럽·북미 컨테이너항만의 상대적 효율성 비교 분석 / 박구웅

구분 \ 연구학자	Cullinane 외(2006)	Cullinane·Wang(2006)	Cullinane·Wang(2010)
분석대상 국가	아시아, 유럽, 북미, 중동	유럽 24개국	아시아, 유럽, 북미, 중동
분석대상	홍콩, 싱가포르, 상해 외 도쿄, 요코하마, 고베 부산, 카오슝, 기룽 로테르담, 함부르크, 안트워프 외 7개 로스앤젤레스, 롱비취 포트클랑, 두바이	처리량 1만 TEU 이상; 탈린, 르하브르, 브레멘/브레머하펜, 함부르크, 리스본, 센피터스버그, 발렌시아, 이즈미르, 티베리 외	홍콩, 싱가포르, 부산, 카오슝, 상해, 로테르담, 로스앤젤레스, 함부르크, 롱비취, 안트워프, 포트클랑, 두바이, 뉴욕/뉴저지 외
표본수	28	69	25
분석모형	DEA와 SFA기법을 동일한 항만그룹에 적용하여 효율성을 측정, 두 기법의 결과간에 높은 상관관계 확인, 패널 데이터 분석을 이용한 동적분석을 통해 횡단면분석의 단점 지적	DEA기법 이용, 컨테이너 터미널에 있어서 규모의 특성, 지리적 영향과 효율성간의 관계에 대하여 연구	패널데이터 분석을 통해 항만의 중장기 효율성을 분석, 컨테이너 항만의 생산에 상당한 손실이 있으며, 최상의 운영 벤치마킹과 비효율성의 요인을 찾기 위한 기반을 제공

구분 \ 연구학자	Dragovic 외(2006)	Lin Cheng(2007)	Cheon 외(2009)
분석대상 국가	한국	아시아, 태평양	전세계
분석대상	부산 (PECT)	홍콩, 싱가포르, 부산, 도쿄, 오사카, 카오슝 외	두바이, 멜버른, 오사카, 안트워프, 천진, 홍콩 외
표본수	1	10	98
분석모형	모의실험 및 대기 이론에 기반한 선박-선석 연계의 성능평가를 안벽 크레인을 주요 변수로 하여 수행	DEA기법을 이용 컨테이너항만의 운영효율과 추세를 연구, 비효율의 원인을 검토, 슬랙변수분석을 통한 잠재적 개선방안 파악, 규모의경제 확인, 민감도테스트 수행	Malmquist 생산성지수를 이용한 1991년에서 2004년 사이의 효율성의 변화와 효율성의 상승/하락 원인을 파악

연구학자 구분	Choi Zhang(2009)	de Koster 외(2009)	Panayides 외(2009)
분석대상 국가	한국, 중국, 대만	유럽, 북미, 카리브연안, 동남아시아	전세계
분석대상	부산, 광양, 인천 홍콩, 상해, 선전 등 9개 카오슝	앤티워프, 두바이, 펠릭스토우, 함부르크, 홍콩, 싱가포르 외	15개 기존연구에 대한 review
표본수	13	38	6 ~ 104
분석모형	DEA기법이용 2005~2007년간 각 항만의 효율성 분석, 출력 변수로는 처리TEU, 입력변수로는 선석길이, 터미널 면적, 크레인 수 이용	DEA기법 이용시 필요조건으로 터미널의 형태와 규모의 차이, 입출력 자료의 정확성/추가적 정보의 중요성 강조	항만효율성 측정을 위한 DEA기법 적용연구의 전반적인 검토, 특히 계수(parameters)의 결정, 표본영역, 적용 DEA기법의 선택에 있어서의 문제점과 한계에 대하여 논의

연구학자 구분	Yan 외(2009)	Hung 외(2010)	Wu Goh(2010)
분석대상 국가	전세계	아시아·태평양	신흥개발국(BRIC, N11), 선진국(G7)
분석대상	보스톤, 브리즈번, 펠릭스토우, 하이파, 샌프란시스코, 옌티엔 외	대련, 천진 외 10개 기룡, 타이충, 카오슝 인천, 부산, 광양 고베, 도쿄 외 5개 마닐라, 방콕 외 10개	로스앤젤레스, 르하브르, 밴쿠버, 함부르크, 도쿄, 상해, 산토스, 부산, 카라치, 마닐라 외
표본수	78	31	21
분석모형	SFA기법을 이용하여 1997~2004년간 분석, Markov Chain Monte Carlo 모의실험을 통한 베이지안접근방법을 이용하여 각 항만의 효율성, 효율성변화, 효율성의 지속성을 측정	운영효율성, 규모의 효율성 목표값, DEA 효율성 추정의 변동성을 연구하고, 부트스트랩 (bootstrap)방식을 이용하여 운영성과 평가	수출입 물동량을 기준으로 DEA기법을 이용하여 항만의 효율성 측정, 연구결과 선진국의 어떤 항만도 모범적인 표준이 되지 못함을 보여줌



### Ⅲ. DEA 모형

#### 1. DEA 개념

Koopmans(1951)와 Debreu(1951)의 영향을 받은 Farrell(1957)의 효율성 측정 연구는 1960년대 후반 이후 Aigner and Chu(1968)에 의해 모수적 방법으로 발전하였고 1970년대 후반 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)에 의해 DEA(Data Envelopment Analysis)라는 이름의 비모수적 방법으로 발전하였다. DEA는 다수의 투입물을 이용하여 다수의 산출물을 생산하는 생산조직의 효율성을 측정하기 위한 선형계획(linear programming)모형이다. DEA에서는 생산조직을 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU)라고 부른다. 즉, DEA는 각 평가 대상자인 DMU에 가장 유리한 가중치를 부여하고 효율성을 계산하여 다른 DMU와 비교하는 상대적 효율성 평가방법이다.

효율성(Efficiency)은 생산조직의 투입요소 사용량에 대한 산출물 생산량의 비율을 의미한다. 즉, 효율성 = 산출물의 생산량/투입요소의 사용량으로 나타낼 수 있다. 생산조직이 단일 투입요소와 단일 산출물을 가지고 있을 경우에는 계산이 매우 간단하나 다수의 투입물과 다수의 산출물이 있을 경우 그리 간단하지 않다. 즉, 다수 투입물과 다수 산출물의 경우는 각각에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄투입과 총괄산출을 계산하는 과정이 필요하다. DEA모형을 이용하면 DMU별로 효율성을 평가하기 위한 가중치를 계산할 수 있다.

한편, 측정결과를 분석할 때 주의해야 할 점은 효율적으로 평가된 DMU는 상대적으로 평가된 것이지 절대적 의미에서 효율적인 것이 아니라는 것이다. 즉, 효율적으로 평가된 DMU도 사실은 그 효율성을 개선할 여지가 있을 수 있다.

최근까지 다양한 DEA모형이 여러 학자들에 의해 개발되어 제시되고 있는데, 대표적인 모형은 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)의 CCR모형과 Banker, Charnes, and Cooper(1984)의 BCC모형이다. CCR모형은 규모에 대한 보수 불변(Constant Returns to Scale) 가정하에서 사용되며, BCC모형은 규모에 대한 보수 가변(Variable Returns to Scale) 가정하에서 사용된다.

#### 2. CCR 모형

CCR에서는 다수 투입(x) 대비 다수 산출(y)을 최대화하는 것을 목적함수로 할 수 있다(Charnes et al., 1978).

$$Max \frac{\sum_{r=1}^n (u_r)(y_{r0})}{\sum_{k=1}^m (v_k)(x_{k0})} \quad (1)$$

$y_r$  = 산출물 r의 벡터  
 $x_k$  = 투입물 k의 벡터  
 $u_r$  = 산출물 r의 가중치  
 $v_k$  = 투입물 k의 가중치  
 $r = 1, 2, 3, \dots, n$   
 $k = 1, 2, 3, \dots, m$

위 식에서 분모를 1로 고정시키면 분자만 최대화하는 선형계획모형의 목적함수가 되므로 CCR 모형은 다음 식과 같이 구성할 수 있다.

$$Max \theta = \sum_{r=1}^n (u_r)(y_{r0}) \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 s.t. \quad & \sum_{k=1}^m (v_k)(x_{k0}) = 1 \\
 & \sum_{r=1}^n (u_r)(y_{rj}) - \sum_{k=1}^m (v_k)(x_{kj}) \leq 0 \\
 & u_r, v_k \geq \varepsilon
 \end{aligned}$$

$\varepsilon$  = non-archimedean 상수 (0에 가까운 매우 작은 수).

$j = 1, 2, 3, \dots, o$   
 $r = 1, 2, 3, \dots, n$   
 $k = 1, 2, 3, \dots, m.$

여기서 평가 대상 DMU의 측정치는 1.0 을 초과할 수 없으므로 가장 효율적인 DMU의 점수는 1.0 이 된다.

### 3. BCC 모형

CCR은 DMU들의 규모의 확대에 비례하여 산출이 확대된다는 규모에 대한 보수불변(Constant Returns to Scale: CRS)을 가정하므로, 효율성 점수는 규모의 효과와 기술적 성과가 결합된 형태로 나타나는 한계가 있다. CCR 모형에서는 어떤 투입물의 증가에 대해 산출물이 규모에 대한 보수체증적으로 증가하는 경우 순수한 기술적 성과가 왜곡될 수 있다.

반면 Banker 등에 의해 개발된 BCC 모형은 규모에 대한 보수가변(Variable Returns to Scale: VRS)을 가정하여 규모의 효율성과 기술효율성을 구분하기 위해 변형된 DEA 모형이다. 결국 BCC 모형의 효율성 점수는 규모의 효과를 배제한 순수한 기술효율성을 나타낸다.

$$\text{Max}_{u, v, \omega} \theta_B = \sum_{j=1}^J (y_{kj})(u_j) + \omega \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \sum_{i=1}^I (x_{ki})(v_i) = 1$$

$$\sum_{j=1}^J (y_{kj})(u_j) - \sum_{i=1}^I (x_{ki})(v_i) + \omega \leq 0$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, K,$$

$$u_j, v_i \geq 0$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, I,$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, J,$$

$$\omega = \text{free.}$$

위 식에서  $\omega$ 는 효율적 DMU의 규모의 수익효과(Returns to Scale)를 평가하는 척도로 해석된다.  $\omega > 0$ 이면 규모에 대한 보수체증(IRS: Increasing Returns to Scale)이고  $\omega < 0$ 이면 규모에 대한 보수체감(DRS: Decreasing Returns to Scale)을 나타낸다.

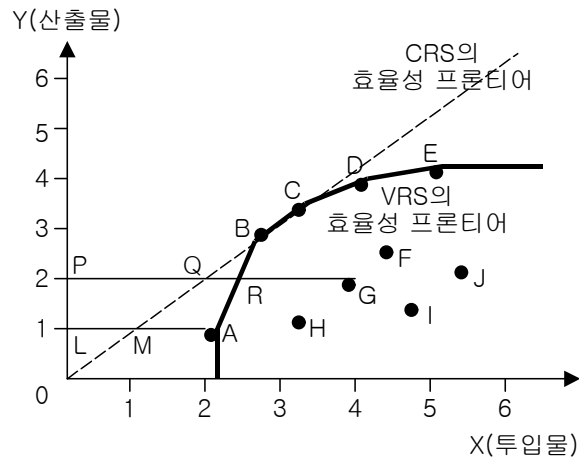
### 4. 규모의 효율성

CCR과 BCC 점수를 각각  $\theta_{CCR}^*$ ,  $\theta_{BCC}^*$  라고 하면,  $\theta_{CCR}^*$  은 규모의 효율성과 기술적 효율성이 결합된 점수이고  $\theta_{BCC}^*$  는 순수한 기술효율성을 나타낸다. 따라서 규모의 효율성(SCALE)은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$SCALE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (4)$$

<그림 1>에서 IRS의 특징을 보이고 있는 A는 BCC 프론티어에 놓여 있어 기술 효율적이며 규모의 효율성  $SCALE(A) = LM/LA$ 는  $\theta_{CCR}^*$  (A)와 같다. 즉, A는 기술적으로는 효율적이거나 규모면에서는 비효율적이라는 것을 알 수 있다. BCC 프론티어에 놓여 있지 않은 G의 경우는  $SCALE(G) = \frac{FQ}{FG} \frac{FG}{FR} = \frac{FQ}{FR}$ , 즉  $\frac{2}{4} \times \frac{4}{2.4} = \frac{2}{2.4} = 0.83$  으로서 비효율적이다. 즉, G는 기술적으로도 비효율적이고 규모의 측면에서도 비효율적이라고 볼 수 있다. B와 C는 CCR과 BCC 프론티어에 모두 놓여 있으므로 기술뿐만 아니라 규모 측면에서 모두 효율적이라고 할 수 있다.

<그림 1> 규모의 수익효과에 따른 효율성 프론티어



## IV. 효율성 분석

### 1. 자료 및 변수의 선정

본 연구에서는 규모가 큰 항만들이 집적해 있는 3개 지역, 즉 동아시아, 유럽, 북미지역의 항만들을 선정하여 분석하였다. 2007년 기준으로 컨테이너 처리량 순위 70위까지 항만 중 자료가 충분하지 않은 항만과 위 3개 지역에 포함되지 않은 항만을 제외한 45개 항만을 대상으로 한다.<sup>1)</sup> 지역별 항만 수는 <표 2>와 같이 동아시아지역 23개, 유럽지역 11개, 북미지역 11개이다. 분석 대상 수(DMU)는 투입요소 수와 산출요소 수의 합에 3배를 곱한 수 이상이 되어야 한다는 기준<sup>2)</sup>에 따르면 항만 수 45개는 충분한 개수이다.

<표 2> 지역별 대상 항만

지역	항만
동아시아 (23개)	Singapore(1, 싱가포르), Shanghai(2, 중국), HongKong(3, 중국), Busan(5, 한국), Kaoshiung(8, 대만), Qingdao(10, 중국), Guangzhou(12, 중국), Tianjin(16, 중국), PortKlang(17, 말레이시아), TanjungPelepas(18, 말레이시아), LaemChabang(21, 태국), Dalian(23, 중국), Tokyo(24, 일본), TanjungPriok(26, 인도네시아), Yokohama(28, 일본), HoChiMinh(32, 베트남), Nagoya(35, 일본), Manila(36, 필리핀), Kobe(44, 일본), Osaka(46, 일본), Keelung(48, 대만), Gwangyang(67, 한국), Incheon(70, 한국)
유럽 (11개)	Rotterdam(6, 네덜란드), Hamburg(9, 독일), Antwerp(14, 벨기에), Bremen/Bremerhaven(20, 독일), Felixtowe(31, 영국), Valencia(34, 스페인), Barcelona(38, 스페인), Le Havre(41, 프랑스), Zeebrugge(52, 벨기에), Southampton(58, 영국), Genoa(60, 이태리)
북미 (11개)	LosAngeles(13, 미국), LongBeach(15, 미국), NewYork/NewJersey(19, 미국), Savannah(39, 미국), Oakland(45, 미국), Vancouver BC(47, 캐나다), Virginia(51, 미국), Seattle(55, 미국), Tacoma(57, 미국), Houston(63, 미국), Chaleston(64, 미국)

주: 1) ( )안은 2007년 기준 컨테이너 처리량 순위와 국가명임.  
 자료: International Containerisation Yearbook, 2009.

일반적으로 컨테이너항만의 효율성을 측정하기 위해 고려할 수 있는 투입요소는 항만시설(선석수, 총 안벽길이, 터미널 총면적 등), 하역장비(갠트리크레인수, 야드크레인

1) 2008년의 경우 국제금융위기로 인하여 컨테이너 처리량에 외부적인 영향이 있을 수 있어 2007년의 자료를 선택하였다.

2) Banker et al. (1984).

수 등), 노동(인력, 임금 등), 자본(고정자산, 장비 등), 항만서비스 수준 등을 들 수 있으며, 산출요소로는 컨테이너 처리량, 기항선사수, 이용자 만족도, 터미널 회전율, 총수입 등을 이용할 수 있다. 본 연구에서는 투입물은 5개, 즉 선석수, 총 안벽길이, 터미널 면적, 크레인수, 수심으로 하고 산출물은 2개, 즉 총처리량(TEU), 기항선사 수로 하며, 주 자료원은 Containerisation International Yearbook 2009이다.

변수들간의 상관관계를 보면 산출물의 처리량(TEU)과 가장 높은 상관관계가 있는 변수는 크레인수(0.886)로 나타났고, 총 안벽길이, 터미널 면적, 선석수와는 중간정도이며, 기항선사수, 수심과는 약한 것으로 나타났다(<표 3> 참조). 또 다른 산출물인 기항선사수의 경우는 상관관계가 높은 변수가 없다. 투입물간에는 총 안벽길기와 크레인수의 상관관계(0.800)가 높이나 둘 중 하나는 탈락시킬 수도 있으나 둘 다 중요한 시설이라고 판단되어 5개의 투입물 모두를 사용하기로 하였다.

<표 3> 관련변수들 간의 상관관계

	선석수 (개)	총안벽 길이(m)	터미널 면적(m <sup>2</sup> )	크레인수 (대)	수심 (m)	처리량 (TEU)	기항 선사수 (개)
선석수(개)	1	0.670	0.440	0.469	-0.201	0.426	0.222
총안벽길이(m)	0.670	1	0.716	0.800	0.152	0.630	0.400
터미널면적(m <sup>2</sup> )	0.440	0.716	1	0.640	0.148	0.520	0.171
크레인수(대)	0.469	0.800	0.640	1	0.230	0.886	0.339
수심(m)	-0.201	0.152	0.148	0.230	1	0.153	-0.044
처리량(TEU)	0.426	0.630	0.520	0.886	0.153	1	0.223
기항선사수(개)	0.222	0.400	0.171	0.339	-0.044	0.223	1

<표 4>에서 투입 및 산출 자료를 살펴보면 지역별 항만의 특징을 볼 수 있는데, 동아시아 항만들은 선석수, 크레인 수, 처리량(TEU)에서, 유럽 항만들은 총 안벽길이, 기항선사 수에서, 북미 항만들은 터미널 면적, 수심에서 비교우위를 보이고 있다. 선석당 평균 길이는 동아시아의 항만이 267m인데 반해 유럽의 항만은 386m로 상대적으로 길다. 동아시아 항만의 선석당 길이가 짧은데도 불구하고 선석당 컨테이너 처리량은 평균 36만 2046 TEU로 유럽 항만의 평균 25만 1043 TEU보다 높아 단편적으로만 보더라도 동아시아 항만의 선석 활용도가 높다는 것을 알 수 있다.

크레인당 컨테이너 처리량도 동아시아 항만이 평균 16만 3602 TEU로 유럽 10만 308 TEU, 북미 10만 2304 TEU보다 높다. 평균 터미널 면적은 북미, 유럽, 동아시아 순인데, 단위 면적당(m<sup>2</sup>) 컨테이너 처리 개수를 보면 동아시아 3.28개, 유럽 1.37개, 북미 0.99개로 나타나 동아시아 항만이 상대적으로 규모가 작음에도 불구하고 더 많은 컨테이너

를 처리하고 있다. 따라서 동아시아 항만의 생산성이 높다고 할 수 있으나, 반면 과부하로 정체 및 지체가 될 가능성도 높다고 할 수 있다.

<표 4> 투입 및 산출자료

지역	항목	투입 (Input)					산출 (Output)	
		선석 수 (개)	총안벽 길이 (m)	터미널 면적 (m <sup>2</sup> )	크레인 수(대)	수심 (m)	처리량 (TEU)	기항 선사수 (개)
전체 (45개)	평균	20	5864	290만1854	44	13	597만2516	40
	편차	12	3182	196만6098	33	2	620만3861	26
	MAX	69	1만3720	856만9837	159	15.5	2793만2000	153
	MIN	5	1181	49만5000	7	7.8	166만3800	3
동아시아 (23개)	평균	21.6	5761	238만7583	47.8	13.2	782만186	41.1
	편차	14.2	3032	181만5351	38.1	1.7	784만6589	30.2
	MAX	69	1만3720	856만9837	159	15.5	2793만2000	153
	MIN	6	1400	49만5000	7	7.8	166만3800	3
유럽 (11개)	평균	18.5	7147	339만79	46.3	12.7	464만4301	51.4
	편차	10.1	3885	227만8719	31.6	1.5	335만8830	20.7
	MAX	35	1만3200	743만4073	115	14.7	1079만604	79
	MIN	5	1500	86만2000	11	10.0	185만5026	14
북미 (11개)	평균	17.9	4797	348만8921	33.6	13.8	343만7419	24.6
	편차	9.6	2481	182만1024	19.0	1.2	239만8206	6.6
	MAX	34	9369	647만7336	67	15.4	835만5039	36
	MIN	9	1181	114만300	16	12.2	175만	13

## 2. DEA 분석

<표 5>는 5개의 투입물과 2개의 산출물 변수를 이용하여 DEA모형으로 분석한 동아시아, 유럽, 북미 지역의 컨테이너 항만별 효율성을 측정된 결과이다.

먼저 규모에 대한 보수불변을 가정한 CCR모형의 경우 점수가 1로 가장 효율적인 항만은 동아시아 지역에서 8개 항만 즉, 싱가포르, 상해, 홍콩, 카오슝, 청도, 천진, 탄중펠레파스, 도쿄항이고, 유럽은 발렌시아항 1개이며 북미항은 하나도 없다. 지역별로 CCR 점수 평균을 보면 동아시아가 0.74로 유럽 0.65, 북미 0.46보다 높다. 북미지역 항만들의 CCR 점수는 전반적으로 낮은데, 찰스턴(Charleston)항은 0.88로 제법 높은 편이다. 유럽은 발렌시아항 이외에 높은 점수를 보인 항만은 로테르담 0.97, 사우샘프턴(Southampton) 0.79, 마르셀로나 0.71 정도이다.

<표 5> 지역별 항만의 효율성 분석결과

지역	평가대상 항만	총 효율성 (CCR)	순수 기술적 효율성(BCC)	규모의 효율성 (SCALE)
동 아 시 아 (23개)	Singapore	1.00	1.00	1.00
	Shanghai	1.00	1.00	1.00
	HongKong	1.00	1.00	1.00
	Busan	0.82	0.86	0.96
	Kaoshiung	1.00	1.00	1.00
	Qingdao	1.00	1.00	1.00
	Guangzhou	0.91	0.96	0.95
	Tianjin	1.00	1.00	1.00
	Port Klang	0.68	0.82	0.83
	Tanjung Pelepas	1.00	1.00	1.00
	Laem Chabang	0.34	0.68	0.50
	Dalian	0.56	0.80	0.69
	Tokyo	1.00	1.00	1.00
	Tanjung Priok	0.54	0.96	0.56
	Yokohama	0.44	0.76	0.58
	Ho Chi Minh	0.39	0.94	0.42
	Nagoya	0.54	0.83	0.64
	Manila	0.88	1.00	0.88
	Kobe	0.32	0.77	0.42
	Osaka	0.59	0.88	0.67
	Keelung	0.91	1.00	0.91
	Gwangyang	0.44	0.74	0.59
	Incheon	0.66	1.00	0.66
유럽 (11개)	Rotterdam	0.97	0.99	0.99
	Hamburg	0.59	0.76	0.77
	Antwerp	0.58	0.74	0.78
	Bremen/Bremerhaven	0.53	0.78	0.68
	Felixtowe	0.64	1.00	0.64
	Valencia	1.00	1.00	1.00
	Barcelona	0.71	1.00	0.71
	Le Havre	0.55	0.83	0.67
	Zeebrugge	0.28	0.75	0.37
	Southampton	0.79	1.00	0.79
	Genoa	0.55	0.88	0.62
북미 (11개)	Los Angeles	0.46	0.75	0.62
	Long Beach	0.44	0.71	0.62
	New York/New Jersey	0.41	0.77	0.53
	Savannah	0.58	0.87	0.66
	Oakland	0.28	0.73	0.39
	Vancouver BC	0.40	0.73	0.55
	Virginia	0.45	0.88	0.51
	Seattle	0.39	0.74	0.53
	Tacoma	0.35	0.72	0.48
	Houston	0.48	0.90	0.53
	Chaleston	0.88	1.00	0.88



우리나라 항만은 부산항 0.82, 인천항 0.66, 광양항 0.44로 나타나 부산항은 높은 편이나 인천항과 광양항은 다소 못 미치는 수준이다.

규모에 대한 보수가변을 가정한 BCC모형을 적용하여 측정한 순수 기술적 효율성 측면에서 가장 효율적인 항만은 동아시아 지역의 싱가포르, 상해, 홍콩, 카오슝, 청도, 천진, 탄중펠레파스, 도쿄, 마닐라, 기륭, 인천으로 나타났고, 유럽지역은 펠릭스토우(Felixtowe), 발렌시아, 바르셀로나, 사우샘프턴이며, 북미는 찰스턴 한 곳으로 나타났다. 우리나라의 부산은 0.86으로 비교적 높으며 광양은 0.74에 머무르고 있다.

규모의 효율성 측면에서 가장 효율적인 항만은 동아시아의 싱가포르, 상해, 홍콩, 카오슝, 청도, 천진, 탄중펠레파스, 도쿄이고, 유럽은 발렌시아 한 곳이며 북미는 한 곳도 없다. 우리나라의 부산은 0.96으로 상당히 높은 수준이나 광양 0.59, 인천 0.66으로 나타나 두 곳은 개선의 여지가 많은 것으로 나타났다.

<표 6>은 지역별 항만의 효율성을 분석한 개요이다. 동아시아지역의 항만이 유럽과 북미지역의 항만보다 총효율성(CCR), 순수 기술적 효율성(BCC), 규모의 효율성(SCALE) 모두 앞서고 있으며 북미지역 항만이 가장 낮은 점수를 보이고 있다. 순수 기술적 효율성을 나타내는 BCC 점수가 낮은 경우는 투입요소의 적정한 결합을 통해, 규모의 효율성이 낮은 경우는 규모의 적정한 변화를 통해 효율성을 향상시킬 수 있다. 북미지역 항만의 평균 CCR과 SCALE은 0.46 및 0.57로 상당히 낮고 평균 BCC는 0.80으로 상대적으로 높은 편이다. 따라서 북미지역의 항만은 규모 측면에서 비효율적이어서 전체 효율성이 떨어진다고 볼 수 있다.

**<표 6> 지역별 항만의 효율성 분석  
개요**

지역	Port	CCR	BCC	SCALE
동아시아	평균	0.74	0.91	0.79
	편차	0.25	0.11	0.21
	MAX	1.00	1.00	1.00
	MIN	0.32	0.68	0.42
유럽	평균	0.65	0.88	0.73
	편차	0.21	0.12	0.17
	MAX	1.00	1.00	1.00
	MIN	0.28	0.74	0.37
북미	평균	0.46	0.80	0.57
	편차	0.16	0.10	0.13
	MAX	0.88	1.00	0.88
	MIN	0.28	0.71	0.39

<표 4>에서 볼 수 있듯이 북미지역 항만의 부두면적은 타 지역보다 넓은 반면 컨테이너 처리량은 적다. 지역별 분석을 종합적으로 보면 북미지역의 항만들은 투입요소와 규모의 적절한 결합과 변화를 통해 효율성을 개선할 수 있는 여지가 타 지역의 항만보다 많다고 할 수 있다.

한편, DEA 모형은 비효율적인 DMU들이 효율적인 단위가 되기 위해 벤치마킹해야 하는 준거단위를 제시하고, 효율적인 단위가 되기 위해 감소 또는 증가시켜야 하는 양을 제공한다. 비효율적으로 나타난 DMU가 직접 비교대상으로 삼을 수 있는 벤치마킹 대상은 효율적 가상단위이다. 효율적 가상단위는 준거단위들의 선형결합으로 만들어지며 이 때 계수는  $\lambda_i$  값이 사용된다. 즉, 부산항의 효율적 가상단위는 상해항, 홍콩항, 카오슝항, 천진항, 도쿄항의 선형결합으로 만들어진다. 부산항의 경우 CCR 모형을 투입지향과 산출지향으로 구분하여 효율성이 1.0이 되기 위한 개선량을 측정하면 <표 7> 및 <표 8>과 같다. 산출지향 CCR을 보면 부산항은 효율적인 항만이 되기 위해서는 선석수는 13.1% 감소시키고 처리량과 기항선사수를 각각 21.8% 증가시켜야 한다.

<표 7> CCR(투입지향) 모형하에서 부산항의 개선목표

효율성값(CCR-투입지향)		0.82			
준거항만( $\lambda_i$ )		상해(0.26), 홍콩(0.13), 카오슝(0.13), 천진(0.13), 도쿄(0.24)			
		측정값	목표값	개선량	개선율
투입	선석수(개)	27	19.3	-7.7	-28.7%
	총안벽길이(m)	7473	6137	-1336	-17.9%
	터미널면적(m <sup>2</sup> )	419만8254	344만7603	-75만651	-17.9%
	크레인수(대)	76	62.4	-13.6	-17.9%
	수심(m)	14.4	11.9	-2.6	-17.9%
산출	처리량(TEU)	1327만	1327만	0	0.00%
	기항선사수(개)	63	63	0	0.00%

<표 8> CCR(산출지향) 모형하에서 부산항의 개선목표

효율성값(CCR-산출지향)		0.82			
준거항만( $\lambda_i$ )		상해(0.32), 홍콩(0.16), 카오슝(0.16), 천진(0.16), 도쿄(0.29)			
		측정값	목표값	개선량	개선율
투입	선석수(개)	27	23.5	-3.5	-13.1%
	총안벽길이(m)	7473	7473	0	0.00%
	터미널면적(m <sup>2</sup> )	419만8254	419만8254	0	0.00%
	크레인수(대)	76	76	0	0.00%
	수심(m)	14.4	14.4	0	0.00%
산출	처리량(TEU)	1327만	1615만9295	288만9295	21.8%
	기항선사수(개)	63	76.7	13.7	21.8%

## V. 회귀 분석

본 장에서는 International Containerisation Yearbook (2009) 자료와 IV장에서 의 효율성 분석결과를 이용하여 각 항만의 컨테이너 처리량(TEU)과 효율성 지표(CCR, BCC, SCALE)에 영향을 주는 요소가 어떤 것인지 회귀분석을 통해 확인해 본다. <표 9>~<표 12>는 동아시아, 북미, 유럽의 45개 컨테이너 항만의 처리량과 효율성에 대한 회귀 분석결과를 보여준다. <표 9>의 경우에는 일반적인 다중회귀분석을 실시하였고, <표 10>~<표 12>에서는 종속변수인 세 가지 효율성지표 BCC, CCR, SCALE이 각각 0과 1 사이의 값을 가짐으로 토빗모형(Tobit model)을 이용한 중도절단회귀분석(censored regression model)을 실시하였다. 이에 좌측절단 값(left-censored value)은 0으로 하였고 우측절단 값은 1.001로 하였다.<sup>3)</sup> 이는 다수의 항만(BCC기준 16개, CCR 및 SCALE 기준 9개)의 경우에 효율성 값이 1.0으로 나타나므로 우측절단 값(right-censored value)을 1.0으로 하는 경우 해당 항만들이 분석에서 제외되는 것을 방지하기 위함이다. 분석결과를 잘 나타내기 위하여 처리량은 백만TEU단위, 선석수는 개, 총 안벽길이는 1000m, 터미널면적은 백만m<sup>2</sup>, 크레인수는 대, 수심은 m, 기항선사수는 개로 각각 환산하였다. 토빗모형을 사용하는 <표 10>~<표 12>에 정리한 추정값들은 오차항이 정규분포를 따르며 동분산(homoschedastic)이라고 가정하였다. 오차항이 Huber/White에 의한 이분산(heteroschedastic)이라고 가정하고 Quadratic Hill Climbing방식에 의한 최우추정(ML)을 하였을 때도 각 계수의 추정값과 유의도에는 거의 변화가 없었고 오히려 유의도가 더 강해지는 경우가 많았다.

<표 9>의 (T1)과 (T2)에서 보면 크레인수와 총 안벽길이 만이 컨테이너 처리량(TEU)에 각각 정(+)과 음(-)의 유의한 영향을 미치며, 지역 더미변수가 포함된 경우인 (T3)~(T6)에서는 크레인수 만이 정(+)의 유의한 영향을 미침을 알 수 있다. (T6)를 기준으로 보면 유럽의 컨테이너항만들은 크레인수의 차이를 고려할 때 동아시아의 항만보다 평균적으로 약 290만 TEU 적은 물량을 처리하며, 북미의 항만들은 동아시아보다 약 200만 TEU 적은 컨테이너 물량을 처리하고 있음을 알 수 있다.

순수 기술적 효율성을 나타내는 BCC를 종속변수로 하는 중도절단회귀분석을 보여주는 <표 10>에서 선석수는 BCC에 적어도 1% 또는 5%의 유의수준에서 음(-)의 영향을 미치며, 크레인수는 항상 1%의 높은 유의성을 갖고 BCC에 정(+)의 영향을 미침을 알 수 있다. 또한 수심은 BCC에 대해 항상 유의미한 음(-)의 영향을 미치고 있다. (B5)의 회귀분석결과로 보면 선석수, 크레인수, 수심의 영향을 고려한 이후 동아시아의 컨테이

3) 본 회귀분석에는 E-Views 6.0을 사용하였다. 중도절단(censored)회귀분석에 대하여는 Greene (2008, pp.863-881)을 참조할 것.

너항만과 비교하여 유럽 항만의 경우는 약 0.07, 미국 항만의 경우는 약 0.08 정도 낮은 BCC 값을 보이고 있다.

<표 9> 컨테이너 처리량에 대한 다중회귀분석 결과(종속변수=백만TEU)

	(T1)	(T2)	(T3)	(T4)	(T5)	(T6)
Constant	1.367098	-0.685308	3.204512	0.312902	0.525623	-0.039950
	4.320000	0.909443	4.417811	0.974976	0.931871	0.815895
	(0.316)	(-0.754)	(0.725)	(0.321)	(0.564)	(-0.049)
선석수(개)	0.059238	0.070783	0.022129	0.038038		
	0.053407	0.047132	0.057294	0.048554		
	(1.109)	(1.502)	(0.386)	(0.783)		
총안벽길이 (1000m)	-0.565573	-0.648427	-0.434821	-0.415618	-0.273561	
	0.317643	0.264714	0.343190	0.287611	0.222168	
	(-1.781*)	(-2.450**)	(-1.267)	(-1.445)	(-1.231)	
터미널 면적 (백만m2)	-0.033609		0.335607			
	0.325887		0.347642			
	(-0.103)		(0.965)			
크레인수 (대)	0.207851	0.205808	0.186047	0.189883	0.185475	0.164348
	0.022779	0.021612	0.022947	0.022007	0.021172	0.012482
	(9.124***)	(9.523***)	(8.108***)	(8.628***)	(8.760***)	(13.166***)
수심(m)	-0.131780		-0.181776			
	0.313246		0.326280			
	(-0.421)		(-0.557)			
기항선사수 (개)	-0.014099		-0.015915			
	0.019076		0.018289			
	(-0.739)		(-0.870)			
유럽 dummy			-2.484846	-2.186557	-2.508620	-2.920594
			1.212794	1.111631	1.027824	0.977941
			(-2.049**)	(-1.967*)	(-2.441**)	(-2.986***)
북미 dummy			-2.607342	-1.9498510.9	-2.014565	-2.050710
			1.197023	96138	0.987903	0.993663
			(-2.178**)	(-1.957*)	(-2.039**)	(-2.064**)
R2	0.815	0.812	0.846	0.837	0.834	0.828
조정된 R2	0.786	0.798	0.812	0.816	0.817	0.815
Durbin- Watson	1.212	1.223	1.154	1.265	1.330	1.342
Observations	45	45	45	45	45	45

주: 1) 각 항목에서 첫째 숫자는 추정계수 값, 둘째 숫자는 표준오차, 괄호안의 셋째 숫자는 t 값을 나타내며, \*\*\*, \*\*, \* 는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서의 유의도를 나타낸다.

<표 10> 순수 기술적 효율성에 대한 중도절단회귀분석(Tobit) 결과(종속변수=BCC)

	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)	(B5)
Constant	1.543 0.108 (14.338***)	1.600 0.108 (14.851***)	1.576 0.112 (14.097***)	1.622 0.109 (14.839***)	1.641 0.111 (14.738***)
선석수(개)	-0.003 0.001 (-2.079**)	-0.004 0.001 (-3.257***)	-0.003 0.001 (-2.383**)	-0.005 0.001 (-4.505***)	-0.005 0.001 (-4.276***)
총안벽길이 (1000m)	-0.011 0.008 (-1.422)		-0.009 0.009 (-1.038)		
터미널면적 (백만m2)	-0.017 0.008 (-2.076**)	-0.023 0.008 (-2.957***)	-0.009 0.009 (-1.042)		
크레인수 (대)	0.002 0.001 (4.371***)	0.002 0.000 (4.657***)	0.002 0.001 (3.523***)	0.001 0.000 (3.028***)	0.001 0.000 (3.341***)
수심(m)	-0.048 0.008 (-6.163***)	-0.051 0.008 (-6.513***)	-0.049 0.008 (-5.904***)	-0.053 0.008 (-6.612***)	-0.052 0.008 (-6.443***)
기항선사수 (개)	0.001 0.000 (1.723*)		0.001 0.000 (1.669*)	0.001 0.000 (1.511)	
유럽 dummy			-0.048 0.031 (-1.571)	-0.077 0.027 (-2.839***)	-0.069 0.027 (-2.529**)
북미 dummy			-0.054 0.030 (-1.794)	-0.071 0.028 (-2.558**)	-0.080 0.028 (-2.898***)
SER	0.0767	0.0788	0.0757	0.0769	0.0775
Log Likelihood	54.888	53.042	57.088	55.353	54.240
Observations	45	45	45	45	45

주: 1) 각 항목에서 첫째 숫자는 추정계수 값, 둘째 숫자는 표준오차, 괄호안의 셋째 숫자는 z 값을 나타내며, \*\*\*, \*\*, \* 는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서의 유의도를 나타낸다.  
2) SER은 회귀분석의 표준오차를 나타낸다.

<표 11>의 총 기술적 효율성을 나타내는 CCR을 종속변수로 한 회귀분석에서는 총 안벽길이는 대체로 음(-)의 유의미한 영향을 미치고 있다. 크레인수는 TEU, BCC를 종속변수로 한 경우와 마찬가지로 CCR에 대해 항상 유의미한 정(+)의 영향을 미치고 있으며 그 크기는 BCC 경우의 0.001~0.002 보다 큰 0.005~0.006의 값을 나타내고 있다.

<표 11> 총 기술적 효율성에 대한 중도절단회귀분석(Tobit) 결과(종속변수 = CCR)

	(C1)	(C2)	(C3)	(C4)	(C5)	(C6)
Constant	1.090 0.284 (3.843***)	1.018 0.257 (3.966***)	0.569 0.068 (8.340***)	1.062 0.291 (3.649***)	0.664 0.074 (9.029***)	0.670 0.071 (9.405***)
선석수(개)	-0.002 0.004 (-0.463)			-0.002 0.004 (-0.456)	0.001 0.003 (0.307)	
총안벽길이 (1000m)	-0.038 0.021 (-1.827*)	-0.052 0.016 (-3.380***)	-0.052 0.016 (-3.219***)	-0.044 0.023 (-1.930*)	-0.054 0.020 (-2.718***)	-0.050 0.015 (-3.234***)
터미널면적 (백만m2)	-0.024 0.021 (-1.137)			0.002 0.023 (0.083)		
크레인수 (대)	0.006 0.001 (4.110***)	0.006 0.001 (3.958***)	0.005 0.002 (3.555***)	0.005 0.002 (3.427***)	0.005 0.001 (3.435***)	0.005 0.001 (3.468***)
수심(m)	-0.038 0.021 (-1.863*)	-0.035 0.019 (-1.812*)		-0.030 0.021 (-1.407)		
기항선사수 (개)	0.003 0.001 (2.516**)	0.003 0.001 (2.813***)	0.004 0.001 (2.954***)	0.003 0.001 (2.299**)	0.003 0.001 (2.318**)	0.003 0.001 (2.314**)
유럽 dummy				-0.070 0.080 (-0.871)	-0.030 0.076 (-0.395)	-0.039 0.071 (-0.544)
북미 dummy				-0.188 0.079 (-2.389**)	-0.203 0.070 (-2.907***)	-0.205 0.070 (-2.939***)
SER	0.206	0.204	0.209	0.200	0.198	0.196
Log Likelihood	11.291	10.583	8.999	14.023	13.025	12.978
Observations	45	45	45	45	45	45

주: 1) 각 항목에서 첫째 숫자는 추정계수 값, 둘째 숫자는 표준오차, 괄호안의 셋째 숫자는 z 값을 나타내며, \*\*\*, \*\*, \* 는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서의 유의도를 나타낸다.  
 2) SER은 회귀분석의 표준오차를 나타낸다.

다소 특이하게 기항선사수가 CCR에 대해 적어도 5% 수준에서 항상 유의미한 정(+)의 영향을 나타내고 있으나 그 크기는 비교적 작은 수준이다. CCR의 지역별 차이를 살펴보면 동아시아와 유럽의 컨테이너항만 사이에는 유의미한 차이가 없으나 동아시아와 북미의 항만들 사이에는 적어도 5% 유의수준에서 약 0.2 정도 북미의 항만이 낮음을 알 수 있다.

<표 12> 규모의 효율성에 대한 중도절단회귀분석(Tobit) 결과 (종속변수 = SCALE)

	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)
Constant	0.751	0.621	0.679	0.693	0.697
	0.239	0.055	0.242	0.060	0.058
	(3.149***)	(11.285***)	(2.807***)	(11.534***)	(11.986***)
선석수(개)	0.000		0.001	0.001	
	0.003		0.003	0.003	
	(0.075)		(0.282)	(0.274)	
총안벽길이 (1000m)	-0.035	-0.038	-0.044	-0.039	-0.037
	0.018	0.013	0.019	0.016	0.013
	(-1.994**)	(-2.957***)	(-2.369**)	(-2.447**)	(-2.915***)
터미널면적 (백만m2)	-0.011		0.013		
	0.018		0.019		
	(-0.625)		(0.678)		
크레인수(대)	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004
	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	(3.895***)	(3.759***)	(3.333***)	(3.589***)	(3.636***)
수심(m)	-0.010		0.001		
	0.017		0.018		
	(-0.555)		(0.070)		
기항선사수 (개)	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	(2.822***)	(3.083***)	(2.546**)	(2.483**)	(2.479**)
유럽 dummy			-0.032	-0.027	-0.033
			0.066	0.062	0.058
			(-0.487)	(-0.427)	(-0.566)
북미 dummy			-0.174	-0.153	-0.155
			0.066	0.057	0.057
			(-2.662***)	(-2.691***)	(-2.720***)
SER	0.173	0.169	0.166	0.162	0.160
Log Likelihood	19.066	18.659	22.364	22.136	22.098
Observations	45	45	45	45	45

주: 1) 각 항목에서 첫째 숫자는 추정계수 값, 둘째 숫자는 표준오차, 괄호안의 셋째 숫자는 z 값을 나타내며, \*\*\*, \*\*, \* 는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서의 유의도를 나타낸다.

2) SER은 회귀분석의 표준오차를 나타낸다.

규모의 효율성을 나타내는 SCALE을 종속변수로 한 <표 12>의 경우에는 CCR을 종속변수로 한 경우와 그 결과가 유사하게 나타나고 있다. 이는  $SCALE=CCR/BCC$  라고 하

는 정의로 볼 때 타당한 결과라고 판단할 수 있다. 총 안벽길이는 SCALE에 대해 -0.035~-0.044 크기의 음(-)의 영향을, 그리고 크레인수와 기항선사수는 정(+)의 영향을 주고 있다. 역시 동아시아와 유럽의 컨테이너 항만사이에는 규모의 효율성에 유의미한 차이가 없고 북미의 항만들은 동아시아에 비해 약 0.15~0.17 낮은 SCALE 값을 보이고 있다.

## VI. 결론

동아시아·유럽·북미지역의 주요 45개 항만을 분석한 결과 동아시아 항만들은 선석수, 크레인 수, 처리량(TEU)에서, 유럽 항만들은 총 안벽길이, 기항선사 수에서, 북미 항만들은 터미널 면적, 수심에서 상대적으로 우위를 보이고 있다. 동아시아 항만의 경우 선석당 길이가 짧은데에도 불구하고 선석당 컨테이너 처리량은 유럽과 북미 항만보다 많고, 크레인당 컨테이너 처리량도 평균적으로 많아 생산성이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 평균 부두면적은 북미, 유럽, 동아시아 순인데, 면적당(m<sup>2</sup>) 컨테이너 처리 개수는 동아시아, 유럽, 북미 순으로 나타나 동아시아 항만이 상대적으로 규모가 작음에도 불구하고 더 많은 컨테이너를 처리하고 있어 생산성이 높다고 할 수 있다.

DEA 분석결과에 의하면 동아시아지역의 항만이 유럽과 북미지역의 항만보다 효율적으로 나타났다. 또한 효율성 점수가 1.0인 항만이 CCR 모형하에서 동아시아 8개, 유럽 1개인데 북미는 하나도 없고, BCC 모형하에서는 동아시아 10개, 유럽 4개, 북미 1개이며, 규모의 효율성은 동아시아 8개, 유럽 1개인 반면 북미는 하나도 없다. 종합적으로 동아시아 항만이 기술적으로나 규모면에서 유럽이나 북미항만보다 효율적으로 나타났다. 북미항만의 경우 투입요소의 조정과 규모의 변화를 통해 효율성을 개선할 수 있는 여지가 타 지역의 항만보다 많다고 할 수 있다.

회귀분석결과에 의하면 가장 큰 특징은 모든 모형에 있어서 크레인수(Cranes)만이 1%의 높은 유의수준에서 처리량(TEU)과 효율성(CCR, BCC, SCALE)에 대하여 정(+)의 영향을 줌을 알 수 있다. 선석수(Berths)와 수심(Depth)은 순수 기술적 효율성을 나타내는 BCC에 대해서만 음(-)의 유의한 영향을 주고 있고, 총 안벽길이(Length)는 총 기술적 효율성(CCR)과 규모의 효율성(SCALE)에 대해 대체로 음(-)의 영향을 주고 있음을 확인할 수 있다. 기항선사 수(Liner)는 CCR과 SCALE에 대하여 정(+)의 유의한 영향을 주고 있으나, 기항선사 수는 해당 항만의 시설 및 당국의 정책뿐만이 아니라 기항선사 자체의 의사결정에도 영향을 받는다고 할 수 있기 때문에 그 영향의 방향에 대하여는 좀 더 연구가 필요하다고 판단된다. 컨테이너항만의 지역별 차이에 있어서는 처리물량(TEU)에 있어서는 유럽과 북미의 항만들이 동아시아의 항만에 비해 절대적으로 낮은



수준을 보이고 있으며, 순수 기술적 효율성(BCC)에서는 역시 유럽과 북미 항만들이 동아시아에 비해 낮은 지수를 나타내고, 총 기술적 효율성(CCR)과 규모의 효율성(SCALE)에서는 북미지역 항만이 동아시아에 비해 낮은 수준을 보이고 있다. 이러한 회귀분석 결과는 앞에서의 DEA 분석결과를 확인해주고 있다.

위와 같은 효율성분석과 회귀분석결과가 우리나라의 항만개선 및 운영에 대하여 제시하는 시사점을 다음과 같이 정리해 볼 수 있다. 우선 동아시아 항만들은 입력요소 중 선석수와 크레인수에 있어서 비교우위를 보이고 있다. <표 7>과 <표 8>에 따르면 부산항의 경우 선석수가 처리량에 비해 과다한 것으로 나타나고 있고 <표 10>에 의하면 선석수는 순수 기술적 효율성(BCC)에 음(-)의 영향을 주는 것으로 나타나고 있다. 크레인수는 <표 7>의 투입지향 효율성 개선목표에서만 다른 투입요소들과 같은 정도의 과잉공급상태를 보이고 있으며 또한 <표 9>~<표 12>에서 크레인수는 처리량(TEU)과 모든 효율성 지표(BCC, CCR, SCALE)에 대하여 정(+)의 영향을 주는 것으로 나타나고 있다. 따라서 적어도 부산항의 경우 추가적인 선석수의 확충은 바람직하지 않으며 기존 선석의 활용률을 높일 수 있는 현실적 방안이 필요하다고 하겠다. 둘째, <표 7>에서 부산항의 총 안벽길기와 수심은 현재 다소 과잉공급상태를 보이고 있고, <표 11> 및 <표 12>에서 총 안벽길기는 총 기술적 효율성(CCR) 및 규모의 효율성(SCALE)에 대하여 음(-)의 영향을 그리고 <표 10>에서 수심은 순수 기술적 효율성(BCC)에 대하여 음(-)의 영향을 보이고 있다. 따라서 현재 부산항의 경우 안벽의 확충이나 수심의 확대 등은 불필요하다고 판단된다. 셋째, 산출지향의 효율성 개선목표를 나타내는 <표 8>에 의하면 부산항의 경우 처리량과 기항선사수를 20% 이상 증가시킬 필요성을 보이고 있다. 기항선사수는 <표 11>과 <표 12>에서도 CCR과 SCALE에 정(+)의 영향을 주는 것으로 나타나므로 부산항의 경우 기항선사수의 증대에도 노력이 필요하다고 판단된다. 그러나 여기서 유의할 점은 이러한 시설의 확충 및 운영의 개선에 대한 제시는 현재의 항만 상태와 세계/지역 컨테이너 물동량의 현 상태에서의 개선책이므로 중장기적인 항만에 대한 투자는 물량의 변화예상, 다년간의 자료에 대한 패널분석 등을 통하여 더욱 신중하고 전략적으로 판단되어야 할 것이다.

본 논문에서는 특정연도의 투입요소와 산출요소를 가지고 상대적 효율성을 비교하고, 효율성에 영향을 미치는 요소를 분석하였다. 상대적 효율성 비교이기 때문에 효율적이라고 측정된 항만도 실제로는 비효율적일 가능성도 있고 개선의 여지도 있을 수 있다. 이러한 한계에도 불구하고 본 연구의 분석이 지역별 항만의 특징과 효율성을 이해하고 각 지역의 항만을 이용하고 또한 우리나라 항만의 발전방향을 설정할 때 참조가 되기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

1. 나주몽·경성립, “한·중 주요항만의 상대적 효율성과 생산구조의 경쟁력 분석: DEA(Data Envelopment Analysis)을 중심으로”, 『한국동북아논총』, 제55집, 2010, pp.47-70.
2. 모수원·이광배, “부산항과 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성”, 『한국항만경제학회지』, 제26집, 제2호, 2010, pp.139-149.
3. 박길영·오성동·박노경, “컨테이너항만의 경쟁력 측정방법: AHP와 DEA접근”, 『한국항만경제학회지』, 제21집, 제1호, 2005, pp.133-151.
4. 박노경, “항만의 효율성을 예측하기 위한 실증적 측정방법”, 『한국항만경제학회지』, 제24집, 제4호, 2008, pp.313-327.
5. 박홍균, “DEA와 Tobit 모형에 따른 컨테이너 터미널의 하역장비 효율성 결정요인”, 『한국항만경제학회지』, 제26집, 제3호, 2010, pp.1-17.
6. 이장원·김형기·김성호, “한·중·일 3국의 항만 경쟁력 비교 연구”, 『국제지역연구』, 제11권, 제4호, 2008, pp.333-360.
7. 하명신, “동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교 - DEA 기법을 중심으로 -”, 『한국항만경제학회지』, 제25집, 제3호, 2009, pp.229-250.
8. 황진수·전홍석·강성찬, “항만 소유구조에 따른 효율성 모형 비교연구”, 『응용통계연구』, 22(6), 2009, pp.1167-1176.
9. Aigner, D. and S. F. Chu, “On Estimating the Industry Production Function”, *American Economic Review*, Vol. 58, No. 4, 1968, pp.826-839.
10. Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper, “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 30, 1984, pp.1078-1092.
11. Charnes, A., W. W. Cooper, and E. L. Rhodes, “Measuring the efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, 1978, pp.429-444.
12. Cheon, SangHyun, D. E. Dowall, and D. W. Song, “Typology of Long-Term Port Efficiency Improvement Paths: Malmquist Total Factor Productivity for World Container Ports”, *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 15, Issue 4, 2009, pp.340-350.
13. Choi, Yong-rok and Ning Zhang, “A Comparative Study on the Efficiency of Container Terminals in the Northeast Asia”, *Korea Logistics Review*, Vol. 19, No. 4, 2009, pp.73-90.
14. *Containerisation International Yearbook*, Informa UK, 2009.
15. Cullinane, Kevin and Song Dong-Wook, “A Stochastic Frontier Model of the Productive Efficiency of Korean Container Terminals”, *Applied Economics*, Vol. 35, Issue 3, 2003, pp.251-267.
16. Cullinane, Kevin and Teng-Fei Wang, “The Efficiency of European Container Ports: A Cross-sectional Data Envelopment Analysis”, *International Journal of Logistics: Research & Applications*, Vol. 9, Issue 1, 2006, pp.19-31.
17. \_\_\_\_\_, “The Efficiency Analysis of Container Port Production Using DEA Panel Data Approaches”, *OR Spectrum*, Vol. 32, Issue 3, 2010, pp.717-738.
18. Cullinane, Kevin, T. F. Wang, D. W. Song, and J. Ping, “The Technical Efficiency of Container Ports: Comparing Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis”, *Transportation Research Part A: Policy & Practice*, Vol. 40, Issue 4, 2006,

- pp.354-374.
19. Debreu, G., "The Coefficient of Resource Utilization", *Econometrica*, Vol. 19, 1951, pp.273-292.
  20. de Koster, M. B. M., B. M. Balk, and W. T. I. van Nus, "On Using DEA for Benchmarking Container Terminals", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29, Issue 11, 2009, pp.1140-1155.
  21. Dragovic, Branislav, N. K. Park, and Z. Radmilovic, "Ship-berth Link Performance Evaluation: Simulation and Analytical Approaches", *Maritime Policy & Management*, Vol. 33, Issue 3, 2006, pp.281-299.
  22. Farrel, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, Vol. 120, No. 3, 1957, pp.253-281.
  23. Greene, William H., *Econometric Analysis*, 6th ed., New Jersey: Prentice Hall, 2008.
  24. Hung, Shiu-Wan, W. M. Lu, and T. P. Wang, "Benchmarking the Operating Efficiency of Asia Container Ports", *European Journal of Operational Research*, Vol. 203, Issue 3, 2010, pp.706-713.
  25. Koopmans, T. C., "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities", In *Activity Analysis of Production and Allocation* (T.C. Koopmans, Ed.), New York: Wiley, 1951, pp.33-97.
  26. Lin, L. C. and C. C. Tseng, "Operational Performance Evaluation of Major Container Ports in the Asia-Pacific Region", *Maritime Policy & Management*, Vol. 34, Issue 6, 2007, pp.535-551.
  27. Panaydes, Photis M., C. N. Maxoulis, T. F. Wang, and K. Y. A. Ng, "A Critical Analysis of DEA Applications to Seaport Economic Efficiency Measurement", *Transport Reviews*, Vol. 29, Issue 2, 2009, pp.183-206.
  28. Wu, Yen-Chun Jim and Mark Goh, "Container Port Efficiency in Emerging and More Advanced Markets", *Transportation Research: Part E*, Vol. 46, Issue 6, 2010, pp.1030-1042.
  29. Yan, Jia, X. Sun, and J. J. Liu, "Assessing Container Operator Efficiency with Heterogeneous and Time-varying Production Frontiers", *Transportation Research: Part B*, Vol. 43, Issue 1, 2009, pp.172-185.

< 요약 >

## 동아시아·유럽·북미 컨테이너항만의 상대적 효율성 비교 분석

박 구 응

각 국은 국제무역 및 물류에 있어서 항만의 역할과 가치의 중요성에 주목하면서 자국 항만의 경쟁력을 강화시키기 위한 정책과 전략을 추진하고 있다. 본 연구의 목적은 전 세계 컨테이너물동량의 대부분을 차지하고 있는 3개 지역, 즉 동아시아, 유럽, 북미 지역의 주요 컨테이너항만의 효율성을 비교하고 효율성에 영향을 미치는 요소들을 분석하여 제시하는데 있다. 효율성을 비교분석하기 위해 45개 항만을 대상으로 5개의 투입요소와 2개의 산출요소를 가지고 DEA 모형을 이용하였다. 또한 처리물량, 총 효율성, 기술적 효율성, 규모의 효율성 각각에 영향을 미치는 요소를 분석하기 위해 회귀분석을 실시하였다. 분석결과 동아시아 항만이 유럽과 북미의 항만보다 규모가 작음에도 불구하고 더 많은 성과를 내고 있으며 기술적으로나 규모면에서 상대적으로 더 효율적으로 나타났다. 본 연구의 분석이 지역별 항만의 특징과 효율성을 이해하는데 도움이 되고, 각 지역의 항만의 이용과 발전방향의 설정에 참조가 되기를 기대한다.

□ 주제어: 컨테이너 터미널, 자료포락분석(DEA), 효율성, 회귀분석