



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

物流學碩士學位論文

동북아시아 주요 컨테이너항만의
효율성 비교연구

A comparative analysis of terminal efficiency
on Northeast Asia container ports

指導教授 南奇燦

2014년 8월

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템學科

李鐸

本論文을 李鐸의 物流學碩士學位論文으로 認准함.

委員長 辛昌勳 (인)

委員 權文圭 (인)

委員 南奇燦 (인)



2014년 8월

韓國海洋大學校 大學院

목 차

제1장 서론	1
제2장 이론적 배경 및 선행연구	5
제1절 이론적 배경	5
제2절 선행연구	10
제3장 동북아시아 지역 항만 현황	19
제1절 세계 및 동북아시아 현황	19
제2절 한국 현황	24
제3절 중국 현황	27
제4절 일본 현황	36
제4장 분석방법 및 분석자료	41
제1절 분석방법	41
제2절 분석자료	51
제5장 실증분석	54
제1절 DEA-CCR모형에 의한 항만 효율성 분석	54
제2절 DEA-BCC모형에 의한 항만 효율성 분석	62
제3절 규모의 효율성	69
제6장 결론	71
제1절 분석결과 요약	71
제2절 한국항만의 발전방향	73
제3절 시사점 및 한계점	76
참고문헌	77

표 목차

Table 1 선행 항만 효율성 분석연구의 투입요소 및 산출요소	14
Table 2 세계 컨테이너 물동량(2010년~2012년)	20
Table 3 세계 컨테이너 물동량(2012년) 항만 순위(1~100위)	21
Table 4 동북아시아 지역 컨테이너 물동량(2008년~2012년)	23
Table 5 부산(Busan)항 컨테이너 물동량 및 증감률	24
Table 6 광양(Gwangyang)항 컨테이너 물동량 및 증감률	25
Table 7 인천(Incheon)항 컨테이너 물동량 및 증감률	26
Table 8 상해(Shanghai)항 컨테이너 물동량 및 증감률	28
Table 9 Ningbo(Ningbo)항 컨테이너 물동량 및 증감률	29
Table 10 텐진(Tianjin)항 컨테이너 물동량 및 증감률	30
Table 11 칭다오(Qingdao)항 컨테이너 물동량 및 증감률	31
Table 12 다롄(Dalian)항 컨테이너 물동량 및 증감률	32
Table 13 련윈강(Lianyungang)항 컨테이너 물동량 및 증감률	33
Table 14 옌타이(Yantai)항 컨테이너 물동량 및 증감률	34
Table 15 잉커우(Yingkou)항 컨테이너 물동량 및 증감률	35
Table 16 도쿄(Tokyo)항 컨테이너 물동량 및 증감률	36
Table 17 요코하마(Yokohama)항 컨테이너 물동량 및 증감률	37
Table 18 나고야(Nagoya)항 컨테이너 물동량 및 증감률	38
Table 19 고베(Kobe)항 컨테이너 물동량 및 증감률	39
Table 20 오사카(Osaka)항 컨테이너 물동량 및 증감률	40
Table 21 분석대상 항만	51
Table 22 변수의 선정	53
Table 23 분석자료 요약	53
Table 24 산출지향 DEA-CCR모형을 통한 효율성 값 및 참조집단	56
Table 25 산출지향 DEA-CCR모형의 참조집단 빈도	57
Table 26 산출지향 DEA-CCR모형을 통한 효율성 개선을 위한 투사	58
Table 27 산출지향 DEA-BCC모형을 통한 효율성 값 및 참조집단	63

Table 28 산출지향 DEA-BCC모형의 참조집단 빈도 64

Table 29 산출지향 DEA-BCC모형을 통한 효율성 개선을 위한 투사 65

Table 30 규모의 효율성 결과 70

Table 31 분석결과 비교 73

Table 32 최근 10년간 동북아시아 지역 컨테이너 물동량 현황 74

그림 목차

Fig. 1 최근 10년간 한·중·일 주요 항만 컨테이너 물동량 추이 75

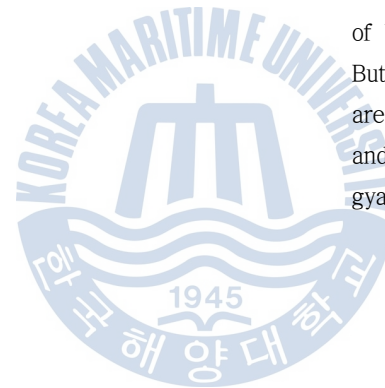


동북아시아 주요 컨테이너항만의 효율성 비교연구

A comparative analysis of terminal efficiency on Northeast Asia container ports

LI DUO

Department of Logistics System Engineering
Graduate School of Korea Maritime University



Abstract

This study is the purpose of this study is to suggest a major strategy to become effective for each port in Northeast Asia by analyzing the relative efficiency of each port to determine the current level of efficiency, efficient harbors plan. Individual port of the major 16 ports in Northeast Asia was analysed targeting efficiency and relative efficiency. In this study, DEA technique

was used. Of the DEA model, CCR (constant returns to scale) models and BCC (variable return to scale) model was applied to analyze the efficiency and effectiveness of the port. Then the efficiency measured through CCR model is again compared with the efficiency measured by the BCC model. In this way, the empirical analysis includes the input factors of the operating ports such as the number of berths, wharf, depth, total area of the pier, C / C numbers and output elements includes the container throughput. The results of the study show that most of the ports in China is efficient whereas those in Korea and Japan are relatively inefficient. Especially, analysis of the China harbor and Korean harbor, the date of input factors which include number of berths, wharf, depth, total area of the pier, C/C number are very similar. But the analysis result shows that China harbor has a high efficiency. There are some pairs of ports which has the similar input factors, like Busan port and Shanghai port, Lianyungang port and Incheon port, Dalian port and Gwangyang port, but the container throughput of them has a huge difference.

제1장 서론

항만은 한 국가의 경제발전에 직접적으로 영향을 미치는 상공업활동을 통하여 국제무역의 증진에 중요한 역할을 수행하며, 해운산업을 비롯한 관련 산업을 직·간접적으로 발전시킨다는 점에서 경제적 중요성이 크다. 이러한 항만의 역할과 중요성을 바탕으로 항만과 밀접한 관계를 갖는 컨테이너산업은 그 중요성이 점차 확대되고 있으며, 세계화의 진전과 더불어 국가간의 무역관계도 활발하게 이루어지고 있다.

세계 주요 항만들은 물동량 증가에 대비하고 허브항만을 구축하기 위한 시설투자와 컨테이너화물 창출 노력을 가속화하고 있으며, 최근 한국, 중국, 일본 등을 중심으로 한 아시아 지역권은 세계 최대의 컨테이너 화물시장으로 부상하고 있다. 특히, 동북아시아 지역은 향후 세계적 수준에 비해 높은 경제성장을 수행할 것으로 전망되고 있으며, 이는 컨테이너 물동량의 급격한 증가를 가져올 것이다. 이에 따라 동북아시아 경제권의 물류중심지로서의 항만은 앞으로 세계 경제의 중요한 역할을 수행할 것이다.

2014년 동북아시아 지역의 물동량은 전 세계 컨테이너 물동량의 약 40.7%에 해당하는 279백만 TEU로 예상된다. 이 지역의 컨테이너 물동량 증가율은 2012년 5.9%, 2013년 6.7%를 기록하였으며, 2014년 7.6%로 세계 평균 증가율을 상회할 것으로 전망된다. 2014년 경제성장 전망을 고려할 때 이러한 물동량 증가는 중국의 경기회복과 관련된 것으로 볼 수 있다. 실제로 2014년 중국 경제 성장률 전망치 7.9%는 동년 동북아시아 컨테이너 물동량 증가율 7.6%와 비슷한 수준이다. 이러한 중국을 중심으로 동북아시아 지역은 항만시설 증가 및 성장으로 바탕으로 물류의 중심지로 탈바꿈하고 있는 추세이다.¹⁾

1) (재)부산발전연구원, 부산항만공사, 2013. 2014 물류동향과 전망. 부산: (재)부산발전연구원, 부산항만공사.

세계 각국은 항만 및 컨테이너 산업을 국가 주요산업으로 육성해 오고 있으며, 특히, 동북아시아 지역권의 주요국들은 늘어나는 물동량을 처리하고 물류거점의 위치를 차지하기 위해 경쟁적으로 항만을 증축·건설하고 있다. 동북아시아의 주요 항만들은 대대적인 항만시설투자를 통한 중심항 개발전략을 추구하는 동시에 항만운영의 효율성 증대를 통한 경쟁력 강화에도 노력을 기울이고 있다. 즉, 과거에는 항만물류기능의 선점 및 쟁취를 중심으로 대규모 시설투자를 통한 확장으로 경쟁우위를 점하고자 했으나, 최근에는 항만간 협력과 항만기능 효율화²⁾를 중시하는 항만발전전략을 펼치고 있다.

항만의 경쟁우위를 좌우하는 중요한 결정요인 중 하나는 항만 효율성이다. 일반적으로 항만 효율성은 항만의 규모에 비해 어느 정도 물동량을 처리하느냐로 측정될 수 있다. 즉 항만 효율성이 높다는 것은 선석 수, 선석 길이, 수심, 부두 총면적, C/C 대수 등 항만 기반시설에 비해, 연간 물동량이 상대적으로 많다는 것을 의미한다.

항만 효율성은 개별항만의 경쟁력뿐만 아니라, 해상운송비용 절감을 통한 나라의 수출경쟁력을 제고하는데 중요한 역할을 수행하며, 막대한 부가 가치를 창출함으로써 국가 경제에도 지대한 영향을 미친다. 따라서 자국의 항만에 대한 내부적인 효율성 평가와 경쟁항만들 간의 상대적 효율성 분석은, 현재의 항만 효율성 수준을 정확히 파악하여 이를 개선시킬 수 있는 방안제시의 기초자료로 활용된다는 점에서 분석의 필요성이 있다.

한국의 경우, 전국의 항만에 2020년까지 총 40조원을 투자하여 신항 개발과 기존시설의 신규투자 재원으로 활용할 예정이다. 이러한 시설투자가 실효성을

2) 김현 외(2009)은 항만기능 효율화를 위한 조건으로 네 가지를 제시했다. 첫째, 항만배후지에서 발생하는 국제무역수요를 효율적이고 경제적인 방법으로 원활히 처리할 수 있어야 한다. 둘째, 지역산업개발과 무역을 창출시키는 데 보조적 기능을 충분히 해야 한다. 셋째, 국내용과 환적화물의 증가분을 효율적으로 대처할 수 있어야 한다. 항만은 전·후기지 및 해·육 연결점(Node)으로 이용대상에 대한 효율적인 전환시설기능(Transit Facilities)을 다할 수 있어야 한다.

높이기 위해서는 경쟁 항만들 간의 상대적 효율성을 분석함으로써, 항만의 현재 효율성 수준을 정확히 파악이 필요하며, 항만 시설투자의 실효성 진단을 통해 정책적 시사점을 도출한다는 차원에서 그 가치가 있다. 이러한 필요성에 본 논문은 동북아시아 지역의 주요 항만들을 대상으로 한 항만 효율성을 분석을 실시하며, 도출된 객관적 결과는 향후 한국의 항만개발 및 항만발전전략의 기초자료로 활용될 수 있다.

또한, 본 논문은 기존의 국·내외 연구자들이 가장 보편적으로 사용하는 투입요소와 산출요소를 종합하여 변수를 선정하였다는 점에서 기존 연구와 유사하지만, 2013년 기준 컨테이너 물동량 자료를 이용하였으며, 투입요소는 현재 시점의 자료를 이용하였다는 점에서 의미가 있다. 더불어, 본 논문은 단순히 동북아시아 지역 항만 또는 ASEAN 지역 항만이 아니라, 2012년 기준의 세계 컨테이너 물동량 순위를 기준으로 100위 내에 랭크된 항만 중, 내륙항만을 제외한 동북아시아 지역 즉 한국, 중국, 일본 3개국 항만을 분석대상으로 한정하였다는 점에서, 기존 연구와의 차별성이 있다고 할 수 있다.

본 논문은 동북아시아 주요 컨테이너항만의 효율성 비교연구를 시행함에 있어서, 동북아시아 지역³⁾의 주요 16개 항만을 대상으로 개별항만 효율성 및 상대적 효율성을 분석하였으며, DEA(Data Envelopment Analysis; 자료포락분석) 기법을 사용했다. DEA모형들 중 규모수익불변모형인 CCR모형과 규모수익가변모형인 BCC모형을 통해 항만효율성을 분석하며, 또한 CCR모형에 의해 평가된 효율성을 BCC모형에 의해 평가된 효율성으로 나눈 비율인 규모의 효율성 측면에서도 효율성을 분석한다. 이러한 방법의 실증분석을 시행함에 있어서 투입요소(Input Data)로는 선석 수(Berth), 안벽 길이(Wharf), 수심(Depth), 부두 총면적(Total Area), C/C(Container Cranes) 대수를 이용하고, 산출요소(Output Data)로는 컨테이너 물동량을 이용했다.

3) 본 논문에서는 좁은 의미의 동북아시아 개념을 사용하여, 한·중·일 3개국을 동북아시아 지역으로 지칭한다.

본 논문의 내용 및 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 이론적 배경에 대해 소개하고 국·내외 선행연구들을 검토한다. 효율성 이론 및 효율성 측정방법에 대한 이론을 기본적으로 검토하며, 또한, 본 논문의 주제와 직접적으로 관계가 있는 항만 효율성 관련 이론을 구체적으로 검토한다. 선행연구 검토에 있어서는 DEA방법을 활용하여 항만 효율성 분석을 실시한 기존의 국외 및 국내 연구에 대하여 투입요소, 산출요소, 분석대상 항만을 중심으로 검토한다. 더불어, 기존의 연구와 본 논문의 차이점에 대하여 서술한다.

제3장에서는 동북아시아 지역 항만 현황 및 비중에 대해 살펴보고, 주요 항만의 물동량 및 순위의 추이를 살펴본다. 특히, 본 논문의 DEA분석의 분석대상이 되는 한국, 중국, 일본의 16개 항만에 대하여 항만의 일반적 현황과 컨테이너 물동량 및 증감률 현황을 살펴본다.

제4장에서는 실증분석에 대한 분석방법과 분석자료 대해 설명한다. DEA 개념 및 특징에 대하여 살펴보면, 구체적으로 본 논문에서 적용하는 방법인 CCR모형, BCC모형, 규모의 효율성에 대하여 구체적으로 살펴본다. 또한, 분석대상 및 변수 선정의 근거와 최종적으로 대상이 된 항만과 변수에 대하여 정리하며, 더불어 이러한 분석자료를 종합적으로 요약한다.

제5장에서는 동북아시아 주요 항만의 효율성 분석에 있어서, DEA모형들 중 CCR모형, BCC모형, 규모의 효율성 측면에서 분석한 결과에 대하여 살펴보고, 이러한 결과표를 바탕으로, 결과에 대한 의미를 해석한다.

마지막으로 제6장에서는 분석결과를 요약하고, 한국항만의 발전방향을 모색하며, 본 연구의 시사점 및 한계점에 대해 언급하며 결론을 맺는다.

제2장 이론적 배경 및 선행연구

제1절 이론적 배경

1. 효율성

효율성(Efficiency)은 일반적으로 투입에 대한 산출의 비율을 의미하며, 효율성 및 생산성(Productivity)에 관하여 여러 학자들이 의견을 제시하고 있다. Farrell(1957)에 의하면, 효율성은 기술효율성(Technical Efficiency), 가격효율성(Price Efficiency), 총괄효율성(Overall efficiency)으로 구분된다. 기술효율성은 주어진 투입집합으로부터 최대의 산출을 생산하는 것으로 기업의 성공을 평가하며, 가격효율성은 투입집합을 선택하는 것으로 기업의 성공을 평가한다. 총괄효율성은 기술효율성과 가격효율성이 결합된 개념이다.

Charnes, et al.(1978)에 의하면, DMU(Decision Making Unit; 의사결정단위)는 다음 중 어느 것에도 해당되지 않는 경우에 한해서 효율적인 것으로 간주한다. 첫째, 산출지향(Output Oriented)의 경우에 있어서, 어떤 DMU가 만약 어떤 다른 투입의 증대 없이 그리고 어떤 다른 산출의 감소 없이 어떤 산출을 증대할 가능성이 있다면 효율적이지 않다. 둘째, 투입지향(Input Orientation)의 경우에 있어서, 어떤 DMU가 만약 어떤 다른 투입의 증대 없이 그리고 어떤 산출의 감소 없이 어떤 투입을 감소할 가능성이 있다면 효율적이지 않다.

Charnes, et al.(1985)에 의하면, 경영성과의 평가(Evaluation) 및 감사(Audit)에 있어서 적절성(Propriety)은 추구된 목표와 사용된 방법, 효과성은 정해진 목표와 달성된 목표, 효율성은 달성된 편익과 이용한 자원으로 활동을 구별한다. DEA에 있어서 어떤 DMU에 대한 100% 효율성은 ‘투입의 1 이상의 증가 없이 또는 다른 산출의 일부 감소 없이 DMU의 산출이 증가될 수 없을 때’

와 ‘산출에 대한 일부 감소 없이 또는 다른 투입의 일부 증가 없이 DMU의 투입이 감소될 수 없을 때’에만 달성된다고 정의하였다.

박동서(1989)에 의하면, 투입에 대한 산출의 비율은 전형적으로 효과성, 능률성 및 효율성으로 구별하지 않고 사용되기도 하나, 효과성은 목표달성도(Degree of goal achievement)를 의미하며, 능률성은 이를 달성하는 과정에서의 경제성 또는 비용의 절감·절약 또는 투입 대 산출의 비율을 의미하며, 효율성은 이 양자를 동시에 의미하기도 한다.

효율성은 성공의 지표로서 생산조직을 평가하는데 사용될 수 있으며, 효율성을 측정하고 여기서 생산 환경의 영향을 분리함으로써 효율성 차이의 원인에 관한 가설을 검증해 볼 수 있다. 효율성 차이의 원인을 파악하는 것은 성과를 개선하기 위한 공공부문 및 민간부문의 정책 및 전략수립에 필수적인 것이다. 또한 거시적인 성과에 따라 달라지며, 이러한 노력은 국가의 성장에 관한 연구에 적용할 수 있다.

2. 효율성 측정방법

Farrell(1957)은 Koopmans(1951)와 Debreu(1951)의 영향을 받아 효율성을 실증적으로 측정하기 위한 연구를 시도하였다. Farrell의 연구는 1960년대 후반 이후 Aigner and Chu(1968)에 의해 효율성 측정을 위한 모수적 방법으로 발전하였고 1970년대 후반 Charnes, et al.(1978)에 의해 효율성 측정을 위한 비모수적 방법으로 발전하였다.

Aigner and Chu는 계량경제학 분야의 생산분석의 틀 내에서 Farrell의 연구 결과를 기초로 산업효율성을 측정하기 위한 방법을 제안하였고, 이들의 연구는 Aigner, et al.(1977), Meeusen and van den Broeck(1977) 등에 의해 SFA(Stochastic Frontier Approach; 확률프론티어접근법)으로 발전되었으며, Jondrow, et al.(1982)에 의해 개별 기업 수준에서의 효율성 측정이 가능해졌다. SFA는

효율성 측정에서 확률오차의 영향을 명시적으로 고려할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 다수투입·다수산출 상황을 다루기는 어렵다는 측면이 단점으로 지적되고 있다.

Charnes, et al.는 Farrell의 연구결과를 기초로 개발한 DEA(Data Envelopment Analysis; 자료포락분석)이라는 비모수적 효율성 측정방법을 제시하였다. DEA는 선형계획법모형의 형태를 갖는 경영과학기법으로 제안되어 기업의 효율성 측정뿐 아니라 비효율성의 원인 분석 및 효율성 개선의 목표설정을 위한 도구로 널리 활용되고 있다. DEA는 다수투입·다수산출 상황을 모형에서 명시적으로 다룰 수 있다는 장점을 가지고 있으나 확률오차의 영향을 고려하지 않는 확정적 모형이라는 점이 해결되어야 할 문제점으로 지적되고 있다.

효율성 측정을 위한 모수적 방법 및 비모수적 방법 모두 이론적 정교화 과정을 거치면서 다양한 변형모형들이 제시되어 왔다. 모수적 방법에서는 모형에 포함된 비효율성항(inefficiency term)의 분포형태가 효율성 측정시 유용해야 한다는 관점에서 분포를 다른 분포로 대체한 모형들이 연구되어 제시되었다. 비모수적 방법에서는 생산가능집합에 대한 가정이 현실의 생산기술을 적합하게 나타내야 한다는 관점에서 기존 모형에서 전제로 하는 가정을 완화하거나 다른 가정으로 대체한 모형들이 제시되었다.

3. 항만 효율성

항만이란 해륙운송의 중계지로서 육송된 화물의 선적과 화물을 원활하게 양륙할 수 있는 시설을 갖추고 산업활동이 이루어지고 있는 장소로서, 선박이 입·출항하고 하역하기 위하여 선박의 안전정박을 위한 충분한 수심과 넓은 접안시설, 하역장비 및 창고, 화물장치장과 육상교통과의 연계, 입·출항에 필요한 세관 및 검역시설 등 기타 간접시설을 갖추고 있어야 한다.

컨테이너항만의 경우, 일반화물을 취급하는 항만에 비해서 그 배후부지의

영역이 넓어서 배후지역에서의 수출·입 화물 유치를 위해 치열하게 경쟁하게 된다. 이러한 상황에서 각국의 개별항만은 중심항만으로서의 입지를 구축하기 위해서 항만경쟁을 주도하는 차별화 전략이 필요하다. Heaven(1983)는 항만경쟁을 주도하며 다른 항만을 이길 수 있는 힘이 있어야 하는데 이를 항만경쟁력(port competitiveness)이라고 정의하였다.

과거 항만은 항만구역 내에서 경제활동을 수행하던 항만이용자들이 한정적이었고, 항만배후지역도 범위가 넓지 않았기 때문에 항만 간 경쟁이 치열하지 않았다. 항만이용자들은 다른 항만을 이용하려 해도 내륙 운송수단이 발달하지 않았거나 비용이 많이 소요되거나 또는 행정적인 규제 등으로 다른 항만을 이용하기 어려운 실정이었다. 이와 같은 경쟁제한적인 환경 때문에 항만운영 관리는 다소 보수적이었고, 항만 간 경쟁에 대해 심각하게 고려하지 않았다. 항만을 이용하던 화물은 당연히 그 항만을 이용하고 다른 항만으로 전이될 가능성이 낮았기 때문에 적극적으로 화물을 유치하기 위한 마케팅 활동이나 전략을 수립하지 않았으며, 다른 항만이 어떤 마케팅 전략을 수립하여 활동을 하는가에 대해 크게 신경 쓰지 않았다. 그러나 컨테이너화의 진전과 규제완화 등으로 국내 및 외국 선사나 하역회사 등이 항만사업에 진출하여 항만네트워크를 구축할 수 있고, 글로벌 터미널 운영회사나 컨테이너 선사들이 항만개발과 운영에 적극 참여함으로써 항만 경쟁이 치열하게 전개되고 있다.⁴⁾

세계적인 컨테이너 물동량 증가와 무역관계 확대에 의해 컨테이너항만은 점차 시설을 확충하고 이를 관리하는 데에 막대한 투자를 필요로 하게 되었다. 이와 같이 막대한 비용으로 인해, 최소한의 물동량의 확보를 보장받지 않고는 대규모의 항만투자는 결코 이루어질 수 없는 상황이 된 것이다. 또한, 컨테이너선의 대형화, 중국 항만에 직기항 선박 증가, 컨테이너 선사와 글로벌 터미널 운영사의 글로벌 항만개발과 운영 참여 확대 등으로 거점항 중심으로 화물

4) 이기태, 2011. *컨테이너항만경쟁력 결정요인 분석에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산: 부경대학교.

이 집중 되는 현상이 나타나고 있으며, 이는 막대한 투자비용에도 불구하고 물동량이 낮아 항만시설과 장비의 이용률이 낮을 수밖에 없고, 결국 생존하기가 어려워질 수도 있다는 것을 의미한다.

이와 같이 컨테이너항만의 경쟁이 심화되는 가운데, 특히, 동북아시아 지역의 컨테이너항만들은 치열한 경쟁 속에서 물동량 확보를 위한시설을 확충한 결과 항만시설의 유휴화를 초래하고 재정투자의 비효율성을 야기하고 있다. 컨테이너항만의 경우 초기 건설비용이 상당하고 어느 정도 경쟁력을 갖추기 위해서는 항만의 규모를 고려해야할 뿐만 아니라, 동북아시아 해상물동량을 초과하는 공급과잉의 문제도 고려해야 한다.

따라서 항만 효율성에 관한 사항은 항만과 해운산업 전체에서 경영전략 수립시 매우 중요한 평가 자료가 될 수 있다. 즉 항만 효율성이란 이미 주어진 항만시설 하에서 얼마나 많은 컨테이너 물동량이 나오는가에 대한 비율을 의미하며, 이를 통해 효율·비효율을 판단한다. 즉 본 논문은 선석 수(Berth), 안벽 길이(Wharf), 수심(Depth), 부두 총면적(Total Area), C/C(Container Cranes) 대수로 대표되는 항만시설 즉 투입요소와 컨테이너 물동량으로 대표되는 산출요소의 양이 비율로써, 개별항만의 항만 효율성 및 상대적 효율성을 분석한다.

제2절 선행연구

1. 국외연구

Roll and Hayuth(1993)는 이스라엘의 20개 항만을 대상으로 DEA의 CCR모형을 적용하여 선진국 항만의 효율성을 평가하였다. 투입요소로는 연간 노동력, 연간총투자자본, 기계설비, 화물의 통일성을, 산출요소로는 화물처리능력, 서비스수준, 사용자만족, 선박이용횟수로 설정하여 분석을 실시하였으며, 이 연구는 실질적인 적용보다는 이론정립에 중점을 둔 연구이다.

Martinez-Budria, et al.(1999)는 1993년부터 1997년까지의 데이터를 이용하여 스페인의 26개 항만에 대하여, 투입요소로는 노동지출, 감가상각비, 기타지출을, 산출요소로는 항만처리화물, 항만임대수익으로 설정하여 DEA의 CCR모형과 BCC모형을 적용하여 항만 효율성을 평가하였다.

Notteboom, et al.(2000)은 유럽항만 중 36개 터미널에 대한 효율성을 확률프론티어접근법을 이용하여 측정하였으며, 벤치마킹을 위해 아시아의 주요 터미널을 함께 분석하였다. 투입요소로는 안벽길이, 터미널면적, C/C수를, 산출요소로는 컨테이너처리량을 사용하였다. 이 연구를 통해서 개별 컨테이너터미널은 조직과 이용률에 대한 한계로 인하여 최대 효율성이 0.85를 초과하지 않는다고 주장하였으며, 다음과 같은 네 가지의 결론을 제시하였다. 첫째, 일반적으로 유럽북부의 컨테이너터미널이 남부지역의 터미널보다 효율성이 높다. 둘째, 대형터미널의 효율성이 소형터미널보다 높다. 즉 소형터미널일지라도 대형항만에 위치해 있는 터미널은 학습효과에 의해 효율성이 높다. 셋째, 허브항만에 위치하고 있는 터미널이 피더항만에 위치하고 있는 터미널 보다 효율성이 높다. 넷째, 터미널의 소유형태는 효율성과 무관하다.

Tongzon(2001)은 16개의 세계 주요 항만 및 4개의 오스트레일리아 주요 항만을 대상으로, 투입요소로는 선석 수, C/C수, 예인선수, CY면적, 대기시간, 인

원수를, 산출요소로는 컨테이너 처리량, 선박작업률을 설정하고, CCR모형과 Additive모형을 적용하여 규모에 대한 보수 불변을 가정하여 규모에 따른 항만의 효율성을 분석하였다. 분석 결과, 가장 효율적인 6개 항만이 선정되었으며, 그 중 4개 항만은 비교적 소규모 항만으로 나타났다. 이를 바탕으로 항만운영의 효율성은 그 항만의 크기나 기능에 의해 좌우되지 않는다고 주장하였다.

Barros(2003)는 5개의 포르투갈 항만을 대상으로 투입요소는 종업원수와 자산장부가치를 사용하였고, 산출요소는 선박척수, 화물처리량, 선박총톤수, 시장 점유율, 재래화물처리량, 컨테이너 처리량, 살화물 처리량, 액체화물 처리량, 순수익을 사용하여, 포르투갈 항만공사의 동기부여 형태의 규제와 효율성에 대해 분석하였다.

Cullinane, et al.(2006)은 브라질 15개, 아르헨티나 6개, 우루과이 2개의 총 23개의 세계 주요 항만을 대상으로 2002년부터 2004년까지의 자료로 분석을 실시하였다. 투입요소는 선석 길이, 총면적, G/C(Gantry Vrane)수를, 산출요소는 컨테이너 처리량으로 구분하여, DEA의 CCR모형과 BCC모형 그리고 SFA기법을 적용하여 효율성을 측정하여 비교분석하였다.

Al-Eraqi, et al.(2008)은 중동지역과 아프리카 지역의 22개 항만을 대상으로 DEA Cross-sectional과 DEA Window분석을 진행하였다. DEA Window 분석의 장점은 동태적 분석이 가능하다는 것으로, 각 항만의 연도별 효율성 변화를 살펴볼 수 있다는 것이다. 투입요소로는 안벽길이(Berth Length(m)) 저장면적(Storage Area(m^2)), 취급장비(Handling Equipment)를 사용하였고, 산출요소로는 선박수, 컨테이너처리량을 사용하였다.

Liu(2008)는 45개의 중국의 컨테이너터미널을 대상으로 DEA-Malmquist 기법을 이용하여 효율성을 분석하였으며, 투입변수에는 선석 길이, 크레인수를 사용하였으며, 산출변수에는 컨테이너처리량을 사용하였다.

Chudasama and Pandya(2008)은 12개의 인도 주요 항만을 대상으로, 투입요소는 노동자, 자본, 서비스를, 산출요소는 서비스수지, 이용자만족도, 기항수,

컨테이너처리량으로 구분하여, DEA의 CCR모형과 BCC모형을 적용하여 항만과 리의 효율성을 평가하였다.

Cheon, et al.(2009)는 1991년부터 2004년까지의 전 세계적인 항만개선과 기술개발이 컨테이너항만의 효율성에 미치는 영향에 대하여 분석하였으며, Malmquist 생산성지수를 통하여 다음과 같은 결론을 제시하였다. 첫째, 효율성의 변화와 효율성이 중요한 요소이기는 하지만 절대적 영향력은 없다. 둘째, 세계적인 경쟁은 기구개편과 자본확충을 통한 외부적 약점의 극복을 가능하게 한다. 셋째, 기술개발에의 공격적 투자는 경쟁항만의 손쉬운 모방에 따라 제한된 역할에 그친다.

Wu and Goh(2010)는 2005년의 수출입 물동량을 기준으로 DEA를 이용하여 BRIC과 Next-11의 컨테이너항만과 선진국(G7)의 항만효율성을 비교하였다. 연구의 결과를 통해, 선진국의 어떤 항만도 모범적인 표준이 되지 못한다고 주장하였으며, 신흥개발국의 항만효율성에 대한 새로운 시각을 갖게 해주었다.

2. 국내연구

강상곤(2001)은 세계 50대 항만을 대상으로, 투입요소는 선석총길이, 터미널 총면적, 각종하역장비를, 산출요소는 양하시 적·송 컨테이너처리량, 적하시 적·공 컨테이너처리량으로 설정하여, DEA의 CCR모형과 BCC모형을 적용하여 항만 효율성을 평가하였다.

오성동·박노경(2001)은 28개의 동북아시아 컨테이너항만의 항만 효율성에 대하여, 투입요소는 안벽길이, G/C수, CY면적, CFS면적으로, 산출요소는 총물동량, 항만사용량으로 설정하여, DEA모형을 적용하여 평가하였다.

송재영·신창훈(2005)는 부산항을 포함한 세계 주요 컨테이너항만들의 효율성을 DEA(Data Envelopment Analysis)모형을 통해 상대적으로 분석함으로써, 부산항의 현재 위치와 더 효율적인 항만의 되기 위해 벤치마킹(Benchmarking)

해야 할 대상을 구체화 하였다. 또한, 일정시점의 효율성 분석이 아닌 1995년~2001년까지 7개년의 효율성을 시계열적으로 분석함으로써 각 항만의 효율성 변화를 살펴보았다. 분석결과, 부산항은 95년, 96년을 제외한 나머지 연도에 대해서 비효율적인 항만으로 구분되었으며, 97년 이래로 효율성 지수가 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다.

김안호·차용우(2005)는 25개의 국내 항만을 대상으로 투입요소는 접안능력, 하역능력을, 산출요소는 수출량, 수입물량, 입출량으로 구분하였으며, Malmquist 모형 적용하여 항만의 효율성을 평가하였다.

류동근(2005)은 부산항과 광양항의 컨테이너터미널운영사를 DMU로 선정하여 각각의 터미널 효율성을 제시하였다. 투입요소에는 종업원수, 부두길이, 부지면적, 갠트리크레인대수를 사용하였으며, 산출요소에는 연간 컨테이너처리실적, 연간 선석점유율, 컨테이너내장화물톤수를 사용하였다.

권신혜(2007)은 2003년부터 2005년까지의 데이터를 이용하여 22개의 동북아시아의 항만을 대상으로 항만의 효율성을 평가하였다. 투입요소는 선석 수, 선석 길이, 수심, 부두 총면적, 크레인수로, 산출요소는 총처리물동량(TEU)로 구분하였으며, DEA의 CCR모형과 BCC모형을 적용하여 분석을 실시하였다.

하명신(2009)은 미국과 동북아시아의 35개 항만을 DMU로 설정하여 2005년부터 2007년까지의 효율성을 CCR, BCC 분석을 통해 각 항만의 규모의 효율성을 분석하였다. 투입요소로는 선석 수, 수심, 부두면적, C/C수, 산출요소로는 총처리물동량, 기준성장률로 설정하였다.

박홍균(2010)은 부산항, 광양항의 11개 터미널을 DMU로 선정하여 환적화물의 컨테이너 터미널 효율성을 분석하였다. 투입요소로는 CY면적, C/C대수, Y/C대수, Y/T대수, 산출요소로는 총환적처리량을 사용하였다.

방희석 외(2011)은 전 세계 76개 항만을 대상으로 2005년부터 2009년까지의 데이터를 이용하여, 투입요소를 선석 길이, 평균수심, 크레인수, 터미널면적,

산출요소를 컨테이너처리량으로 설정하여, DEA의 CCR모형과 BCC모형을 적용하여 각 항만의 기술적 효율성과 순수 기술적 효율성을 평가하였다.

이선민·박정민(2013)은 세계 28개 항만을 대상으로 DEA의 CCR모형과 BCC모형으로 항만 효율성을 분석하였으며, 투입요소를 선석 수, 컨테이너크레인수, CFS면적, Storage로, 산출요소를 컨테이너처리량, 선석 길이당 처리실적, 야드장비당 처리실적으로 설정하였다. 또한 Network DEA와 비교·측정하여 항만효율성을 평가하였으며, 생산성을 확인하기 위해 2006년부터 2009년까지의 데이터를 이용하여 Malmquist 생산성 분석을 실시하였다.

Table 1 선항 항만 효율성 분석연구의 투입요소 및 산출요소

연구자	연구방법	변수		분석대상
		투입요소	산출요소	
Roll and Hayuth (1993)	DEA분석	- 연간 노동력 - 연간총투자자본 - 기계설비 - 화물의 통일성	- 화물처리능력 - 서비스수준 - 상용자만족 - 선박이용횟수	이스라엘의 20개 항만
Martinez-Budria, et al. (1999)	DEA분석	- 노동지출 - 감가상각비 - 기타지출	- 항만처리화물 - 항만임대수익	스페인의 26개 항만 (터미널)
Notteboom, et al. (2000)	확률 프론티어 접근법	- 안벽길이 - 터미널면적 - C/C수	- 컨테이너처리량	유럽의 26개 항만 (터미널)
Tongzon (2001)	DEA분석	- 선석 수 - C/C수 - 예인선수 - CY면적 - 대기시간 - 인원수	- 컨테이너처리량 - 선박작업률	세계 주요 16개 항만

연구자	연구방법	변수		분석대상
		투입요소	산출요소	
Barros (2003)	DEA분석	- 종업원수 - 자산장부가치	- 선박척수 - 화물처리량 - 선박총톤수 - 시장점유율 - 재래화물처리량 - 컨테이너 처리량 - 살화물처리량 - 액체화물처리량 - 순수익	포르투갈의 5개 항만
Cullinane, et al. (2006)	DEA분석	- 선박 길이 - 총면적 - G/C수	- 컨테이너처리량	세계 주요 23개 항만
Al-Eraqi, et al. (2008)	DEA분석 DEA Window 분석	- 안벽길이 - 저장면적 - 취급장비	- 선박수 - 컨테이너처리량	중동 및 아프리카의 22개 항만
Liu (2008)	DEA분석	- 선박 길이 - 크레인수	- 컨테이너처리량	중국의 45개 항만 (터미널)
Chudasama and Pandya (2008)	DEA분석	- 노동자 - 자본 - 서비스	- 서비스수지 - 이용자만족도 - 기항수 - 컨테이너처리량	인도의 12개 항만

연구자	연구방법	변수		분석대상
		투입요소	산출요소	
강상곤 (2001)	DEA분석	- 선박 길이 - 총면적 - G/C수 - CY면적 - 하역장비 - CFS면적	- 컨테이너처리량	세계 50대 항만
오성동 · 박노경 (2001)	DEA분석	- 안벽길이 - G/C수 - CY면적 - CFS면적	- 컨테이너처리량 - 항만사용량	동북아시아의 28개 항만
송재영 · 신창훈 (2005)	DEA분석	- 터미널 선박 총길이 - 터미널의 총면적 - G/C 장비 - container freight stations Area - 평균 작업시간	- 컨테이너처리량	세계 60개 항만
김안호 · 차용우 (2005)	Malmquist 모형	- 접안능력 - 하역능력	- 수출량 - 수입물량 - 입출량	한국의 25개 항만
류동근 (2005)	DEA분석	- 종업원수 - 부두길이 - 부지면적 - 갠트리크레인 대수	- 컨테이너처리실적 - 선석점유율 - 컨테이너내장화물 톤수	부산항, 광양항 (터미널)

연구자	연구방법	변수		분석대상
		투입요소	산출요소	
권신혜 (2007)	DEA분석	- 선석 수 - 선석 길이 - 수심 - 부두 총면적 - 크레인수	- 컨테이너처리량	동북아시아의 22개 항만
하명신 (2009)	DEA분석	- 선석 수 - 수심 - 부두면적 - C/C수	- 컨테이너처리량 - 기준성장률	미국과 동북아시아의 35개 항만
박홍균 (2010)	DEA분석	- CY면적 - C/C대수 - Y/C대수 - Y/T대수	- 총환적처리량	부산항과 광양항의 11개 터미널
방희석 외 (2011)	DEA분석	- 선석 길이 - 평균수심 - 크레인수 - 터미널면적	- 컨테이너처리량	세계 76개 항만
이선민 · 박정민 (2013)	DEA분석	- 선석 수 - 크레인수 - CFS면적 - Storage	- 컨테이너처리량 - 선석 길이당 처리실적 - 야드장비당 처리실적	세계 28개 항만

3. 기존 연구와의 차이점

국·내외의 기존 항만 효율성 연구의 변수 선정에 대하여 살펴보면, 국·내외의 거의 모든 연구에서 컨테이너 처리량(TEU)을 산출요소로 선정하였다. 반

면 투입요소로는 선석 수, 크레인수, CY면적, 부두면적, 종업원수 등 컨테이너 처리에 직간접적으로 영향을 미칠 수 있는 다양한 요소들이 사용되었다. 또한, 분석대상에 있어서는 주로 특정 국가 또는 특정 지역권의 항만들이 대상이 되었으며, 적게는 2개부터, 많게는 76개까지의 항만이 분석대상으로 선정되었다.

사회간접자본의 형태인 항만은 투입요소 및 산출요소에 대한 구체저인 형태 및 정의가 모호하기 때문에, 선정에 어려움이 있다. 또한, 다수의 항만을 대상으로 공통적인 자료를 수집할 수 있는 변수들이어야 한다는 제약도 존재한다. 따라서 본 논문은 기존의 국·내외 연구자들이 가장 보편적으로 사용하는 투입요소와 산출요소를 종합하여, 투입요소로는 선석 수, 안벽 길이, 수심, 부두 총면적, C/C 대수를 선정하였다. 즉 본 논문은 자료수집의 한계로 인하여, 변수선정에 있어서, 기존 연구와의 차이점을 두지 못하였다.

그러나 변수선정 외에, 본 논문은 기존의 연구와 비교하여 다음과 같은 차이점이 있다. 첫째, 급변하는 세계 컨테이너항만 현황을 고려할 때, 가장 최신의 자료를 사용하였다는 점에서 차이점이 있다. 세계적으로 컨테이너 물동량의 증가세 또는 둔화세 변화가 빠르게 변화하고 있는 상황에서 컨테이너항만 산업을 둘러싼 경쟁환경 또한 급변하고 있다. 이러한 상황에서, 가장 최신의 현황을 반영한 새로운 효율성 분석의 필요성이 대두되며, 그 분석은 가치가 있다. 가장 최근의 선행연구에서는 2009년까지의 자료를 사용하였으나 본 연구에서는 2013년까지의 자료를 사용하였다. 둘째, 본 논문은 2012년 컨테이너 물동량을 기준으로 세계 100위권 내에 있는 동북아시아 지역의 항만, 즉 내륙항을 제외한 한국, 중국, 일본의 16개 항만을 분석대상으로 한정했다는 점에서, 동북아시아 지역의 항만 효율성 분석에 있어 의미가 있으며, 이러한 항만 선정은 기존의 연구와 차이점이라고 할 수 있다.

제3장 동북아시아 지역 항만 현황

Table 2 세계 컨테이너 물동량(2010년~2012년)

단위: 만TEU

제1절 세계 및 동북아시아 현황

최근 세계 컨테이너 물동량을 살펴보면, 중국의 상해(Shanghai)항은 2010년 사상 처음 세계 1위 컨테이너항만이 된 이후로, 최근 3년간 2,907만TEU(2010년), 3,174만TEU(2011년), 3,253만TEU(2012년)를 기록하면서, 1위를 지키고 있다. 또한, 최근 3년간 싱가포르(Singapore)항 2위, 홍콩(Hong Kong)항 3위, 선전(Shenzhen)항 4위, 부산(Busan)항 5위, 닝보(Ningbo)항 6위, 광저우(Guangzhou)항, 두바이(Dubai)항이 9위를 계속해서 유지해오고 있다.

2012년 1,230만TEU를의 컨테이너 물동량을 기록하며 10위를 기록한 텐진항(Tianjin)까지 포함한 세계 10위권 중, UAE의 두바이항(Dubai)을 제외하고는 모두 아시아 지역의 항만으로 이며, 또한, 중국의 항만이 10위권 중 7개를 차지하고 있다. 이는 세계 컨테이너 무역이 아시아 중심으로 돌아가고 있으며, 특히 중국이 이를 주도하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

세계 컨테이너 물동량 증감률은 지난 16년간 세계 GDP(YoY) 증감률과 유사한 수준을 보이며 안정적인 증가세를 유지하였다. 2012년 컨테이너 지역별 항만 처리량 비중은 아시아 36.3%, 동남아 30.1%, 유럽 19.7%, 미주 11.7%로 집계됐고, 이는 2000년도와 유사한 수준으로 향후 컨테이너 지역별 비중 변화는 미미할 것으로 판단된다. 또한, 2013년~2014년 세계 GDP 2.38%, 3.15% 기준, 해상 물동량은 각각 7.87%, 10.41% 증가할 것으로 전망된다.

한편, 본 장에 이어지는 제2절, 제3절, 제4절의 한·중·일 항만 현황에 있어서는 2012년 기준 세계 컨테이너 물동량 항만 순위 100위권 내의 항만 중 내륙항을 제외한 해당 항만을 그 대상으로 살펴본다.

순위	Port	Country	물동량			비교(순위)		
			'10	'11	'12	'10	'11	'12
1	Shanghai	China	2,907	3,174	3,253	1	1	1
2	Singapore	Singapore	2,843	2,994	3,165	2	2	2
3	Hong Kong	China	2,353	2,438	2,312	3	3	3
4	Shenzhen	China	2,251	2,257	2,294	4	4	4
5	Busan	South Korea	1,416	1,618	1,705	5	5	5
6	Ningbo	China	1,314	1,451	1,567	6	6	6
7	Guangzhou	China	1,255	1,426	1,474	7	7	7
8	Qingdao	China	1,201	1,302	1,450	8	8	8
9	Dubai	UAE	1,160	1,300	1,327	9	9	9
10	Tianjin	China	1,008	1,158	1,230	11	11	10
11	Rotterdam	Netherlands	1,115	1,188	1,187	10	10	11
12	Port Klang	Malaysia	887	960	1,000	13	13	12
13	Kaohsiung	Taiwan	887	964	978	12	12	13
14	Hamburg	Germany	790	901	886	15	14	14
15	Antwerp	Belgium	847	866	864	14	15	15
16	Los Angeles	US	783	794	808	16	16	16
17	Dalian	China	524	640	806	21	19	17
18	Port Tanjung Pelepas	Malaysia	653	752	770	17	17	18
19	Xiamen	China	582	645	720	19	18	19
20	Tanjung Priok	Indonesia	471	565	620	24	23	20

자료: Containerisation International Yearbook

Table 3 세계 컨테이너 물동량(2012년) 항만 순위(1~100위)

순위	Port	순위	Port	순위	Port	순위	Port
1	Shanghai	26	Lianyungang	51	Duisburg	76	Callao
2	Singapore	27	Yingkou	52	Kobe	77	Barcelona
3	Hong Kong	28	Tokyo	53	Melbourne	78	Tacoma
4	Shenzhen	29	Jeddah	54	Marsaxlokk	79	Buenos Aires
5	Busan	30	Valencia	55	Durban	80	Dammam
6	Ningbo	31	Jawaharlal Nehru Port	56	St Petersburg	81	Chennai
7	Guangzhou	32	Colombo	57	Osaka	82	Kingston
8	Qingdao	33	Algeciras	58	Oakland	83	Mundra
9	Dubai	34	Taicang	59	Shahid Rajae	84	Charleston
10	Tianjin	35	Sharjah /KhorFakkan	60	Le Havre	85	Alexandria
11	Rotterdam	36	Manila	61	Nanjing	86	Karachi
12	Port Klang	37	Felixstowe	62	Cartagena	87	Southampton
13	Kaohsiung	38	Port Said	63	Gwangyang	88	Guayaquil
14	Hamburg	39	Salalah	64	Virginia (Hampton Roads)	89	Sanuan
15	Antwerp	40	Balboa	65	Sydney	90	Chittagong
16	Los Angeles	41	Santos	66	Genoa	91	Taichung
17	Dalian	42	Ambarli (Istanbul)	67	Manzanillo MT	92	Montreal
18	Port Tanjung Pelepas	43	Yokohama	68	Manzanillo	93	Haifa
19	Xiamen	44	Savannah	69	Incheon	94	Bangkok
20	Tanjung Priok	45	Tanjung Perak	70	Zeebrugge	95	Mersin
21	Bremen /Bremerhaven	46	Piraeus	71	Houston	96	Las Palmas
22	Long Beach	47	Gioia Tauro	72	Tanger Med	97	La Spezia
23	Laem Chabang	48	Vancouver	73	Seattle	98	Lazaro Cardenas
24	New York (New Jersey)	49	Keelung	74	Yantai	99	Zhongshan
25	Ho Chi Minh City	50	Nagoya	75	Fuzhou	100	Freeport

자료: Containerisation International Yearbook

앞서 살펴본 세계 컨테이너 물동량(2012년) 항만 순위(1~100위) 중, 동북아시아 지역에 해당하는 항구는 총 20개 항구이며, 중국이 12개 항만, 한국이 3개 항만, 일본이 5개 항만으로 나타났다. 2012년 기준으로 중국은 상해(Shanghai)항 1위, Ningbo항(6위), Qingdao항(8위), Tianjin항(10위), Lianyungang항(26위), Yingkou항(27위), Taicang항(34위), Nanjing항(61위), Yantai항(74위), Fuzhou항(77위), Zhongshan항(99위)로 나타났다. 그리고 한국은 부산(Busan)항이 5위, Veosu Gwangyan항이 63위, Incheon항이 69위로 나타났다. 한편 일본의 경우, 도쿄항(Tokyo), Yokohama항, Nagoya항, Kobe항, Osaka항이 각각 28위, 43위, 50위, 52위, 57위를 기록하였다.

중국의 경우, 2012년 기준 100위권 내의 항만들이 처리한 컨테이너 물동량이 17,213만TEU로 100위권 전체 물동량의 약 34.8%를 차지한 것으로 나타났다. 특히, 중국의 대표 항만인 상해(Shanghai)항은 2012년 세계 컨테이너 물동량 기준 1위의 항만이며, 연안운송, 장강 운송, 원양운송, 해륙복합운송의 연결 중심지로 자리매김하고 있다. 2010년 2,907만TEU, 2011년 3,174만TEU, 2012년 3,253만TEU의 컨테이너 물동량을 기록하였고, 2011년은 전년대비 9.2%, 2012년은 전년대비 2.5% 성장률을 보였다.

한국의 경우, 2012년 기준 100위권 내의 항만들이 처리한 컨테이너 물동량이 2,118만TEU로 100위권 전체 물동량의 약 3.5%를 차지한 것으로 나타났다. 부산(Busan)항의 경우, 2012년 1,705만TEU를 처리하며 전년대비 2.5%의 증가를 나타내었으며, Gwangyang항은 3.3%의 증가를 보였다. 한편, Incheon항은 2011년에는 약 5%의 증가율을 보였으나, 2012년에는 0.8% 감소한 것으로 나타났다.

일본의 경우, 2012년 기준 100위권 내의 항만들이 처리한 컨테이너 물동량이 1,544만TEU로 100위권 전체 물동량의 약 3.1%를 차지한 것으로 나타났으며, 도쿄항을 제외하고는 최근 컨테이너 물동량이 감소를 나타내었다.

Table 4 동북아시아 지역 컨테이너 물동량(2008년~2012년)

단위: 만TEU, %

순위	Port	Country	물동량			증감률	
			2010년 (A)	2011년 (B)	2012년 (C)	2011년 (B-A)/A*100	2012년 (C-B)/B*100
1	Shanghai	China	2,907	3,174	3,253	9.2	2.5
5	Busan	South Korea	1,416	1,618	1,705	14.3	5.3
6	Ningbo	China	1,314	1,451	1,567	10.4	8.0
8	Qingdao	China	1,201	1,302	1,450	8.4	11.4
10	Tianjin	China	1,008	1,158	1,230	14.9	6.2
17	Dalian	China	524	640	806	22.1	25.9
26	Lianyungang	China	387	485	502	25.3	3.5
27	Yingkou	China	334	403	485	20.7	20.4
28	Tokyo	Japan	429	464	475	8.2	2.4
34	Taicang	China	221	306	401	38.3	31.3
43	Yokohama	Japan	328	308	305	-6.0	-1.0
50	Nagoya	Japan	255	262	266	2.9	1.2
52	Kobe	Japan	256	262	257	2.6	-2.2
57	Osaka	Japan	228	245	241	7.2	-1.5
61	Nanjing	China	140	184	230	31.5	24.9
63	Gwangyang	South Korea	207	209	215	0.6	3.3
69	Incheon	South Korea	190	200	198	5.0	-0.8
74	Yantai	China	153	171	185	12.0	8.3
75	Fuzhou	China	132	166	183	25.9	9.9
99	Zhongshan	China	129	126	120	-2.8	-4.3

자료: Containerisation International Yearbook

제2절 한국 현황

1. 부산(Busan)항

부산항은 1876년 부산포라는 이름으로 개항하여 1906년 처음으로 부두축조 공사를 시작하여 1945년까지 1, 2, 3, 4 부두와 중앙부두를 만들었다. 1974년부터 1982년 사이에 부산항 1, 2단계 개발사업을 시작해서 자성대 컨테이너 부두 등 4개의 전용 부두와 국제 여객 부두 등을 만들었고, 1985년부터 1991년 사이에 부산항 3단계 개발사업으로 신선대 컨테이너 부두를 만들었으며, 1992년부터 1998년까지 4단계 개발사업으로 감만 컨테이너 터미널을 만들었다. 늘어나는 컨테이너 화물 수요에 대처하기 위해 1997년부터는 부산신항을 만들기 시작해서 2012년 현재 북컨테이너 부두를 운영하고 있으며, 남컨테이너 부두와 서컨테이너 부두 등을 추가로 만들고 있다.

부산항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 변화를 살펴보면, 2009년에 1,195만TEU로 전 세계 5위를 기록하였고, 이후 2010년 1,416만TEU, 2011년 1,618만TEU, 2012년 1,705만TEU를 기록하면서 계속해서 5위를 지키고 있다. 2009년부터 2013년까지의 컨테이너 물동량 평균 증감률은 6.1%로 나타났다.

Table 5 부산(Busan)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	1,195	1,416	1,618	1,705	1,768	6.1
순위	5	5	5	5	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 부산항만공사

주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

2. 광양(Gwangyang)항

광양항은 전 세계 107개 항만과 연결, 연간 2.4억 톤 이상의 물동량을 처리하며 아시아와 북미, 유럽을 연결하는 간선항로상에 위치하고 북중국, 일본항만과의 중계성이 뛰어난 지정학적 조건을 갖추고 있다.

또한 연간 460만TEU를 처리할 수 있는 컨테이너부두 14개 선석을 포함하여 총 84개 선석을 운영하고 있으며, 6만 여척의 다양한 선박이 입·출항해 연간 약 2.4억 톤 이상의 물동량을 처리할 수 있는 국내 제2위의 항만이다. 특히 컨테이너 물동량은 최근 3년 연속 200만TEU이상을 달성해 선주 및 화주들에게 안정적인 서비스를 제공하는 동북아 물류 거점으로 자리매김하였다.

총연장 6.4km, 폭 640m의 충분한 야적장과 공컨테이너 장치장을 확보한 광양항 컨테이너부두는 100% On-dock 시스템으로 물류비 및 비용절감면에서 탁월하며, 컨테이너부두, 석유화학관련부두 및 제철관련부두를 통해 고객의 부가 가치를 창출하는 세계적 항만이다.

광양항은 지난 2009년에 181만TEU의 컨테이너 물동량으로 세계 58위를 기록한 이후, 현재까지 소폭의 순위는 하락세를 이어오고 있다. 그러나 순위와는 다르게 물동량 자체는 계속해서 증가하고 있으며, 2009년부터 2013년까지의 컨테이너 물동량 평균 증감률은 4.8%로 나타났다.

Table 6 광양(Gwangyang)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	181	207	209	215	228	4.8
순위	58	60	62	63	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 여수광양항만공사
주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

3. 인천(Incheon)항

인천항은 조선 초기 제물포로 불리던 군사 요충지였으며, 1883년 조일수호조약(제물포조약)에 의하여 부산항과 원산항에 이어 대한제국에서 세 번째로 강제 개항되었다. 1911년부터 10년 계획으로 제1독이 축조되었으나, 이후 1974년에는 인천내항 전체를 선거화하였고, 현대식 갑문이 건설되면서 5만톤급 대형 선박이 드나들 수 있게 되었다. 이에 따라 연간 하역능력은 972만 8,000톤으로 증가하였다.

인천항은 수심이 얇은 서해안의 특성 상 초대형 선박이나 특수 선박이 드나들기 어려울 뿐 아니라 갑문을 지나는데 많은 시간이 걸린다. 그렇기 때문에 수심이 깊고 항구가 넓은 광양항이나 부산항에 비하여 밀리고 있는 상황이다.

인천항은 지난 오년간 컨테이너 물동량 기준 순위로 60위권을 계속해서 유지하고 있으며, 물동량은 2009년부터 2011년까지 증가하다가 2012년에는 198만TEU로 소폭 하락하였다. 그러나 2013년 216만TEU를 기록한 것으로 나타났으며, 평균 증감률은 5.3%로 조사되었다.

Table 7 인천(Incheon)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	158	190	200	198	216	5.3
순위	65	65	66	69	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 인천항만공사
주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

제3절 중국 현황

1. 상해(Shanghai)항

상해항은 양쯔강 하구에 위치하고 있으며, 북중국의 중심항만 2개 지역의 벌크항만과 3개 지역의 컨테이너항만으로 구성되어 있다. 상해항은 2003년 이후, 상해항만청의 기능을 대체하는 상해 인터내셔널 포트 그룹(Shanghai International Port Group)에 의해 운영되고 있으며, 상해 지방 정부가 44%의 지분을 갖고 있는 형태이며, 2005년에 양산심수항을 개발함에 따라 인접한 닝보/저우산항과의 경쟁에서 앞서가기 시작하였다.

상해항을 구성하고 있는 3대 컨테이너항만으로는, 우송커우항, 와이가오차항, 양산심수항이 있으며, 우송커우항은 컨테이너 환적, 컨테이너 청소, 연안화물의 보관 등 환적관련 업무를 담당하고, 와이가오차항은 컨테이너수송 위주의 대형 종합항만으로서의 역할을 하며, 양산심수항은 상해국제항운 중심의 컨테이너 중심항만으로 기능을 한다.

상해항의 컨테이너터미널은 양산심수항, 와이가오차항, 우송커우항에 집중되어 있으며, 상해 컨테이너터미널과 와이가오차항터미널은 장강 상류로부터 유입되는 토사로 인한 낮은 수심(8.5m)문제로 대형 선박의 정박에 적합하지 않아 양산심수항이 개발되었다.

2011년 상해항의 5년 건설 계획 주요 내용을 살펴보면 다음과 같다. 양산심수항의 컨테이너터미널 공사로 태평양 항로를 운항하는 선박들을 상해항으로 끌어들이었다. 또한, 루오징(Luojing)의 2단계 프로젝트는 석탄, 철광석, 비료, 일반 철강 품목들의 연안 운송을 위한 부두로 건설될 예정이다. 와이가오차항의 6단계 건설 프로젝트는 Ro-Ro부두, 일반 잡화, 시멘트 부두로써 총 연장은 1,538m이며, 12만^m2 넓이의 저장 야드를 포함하고 있다.

상해항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 변화를 살펴보면, 2009년에 2,500만T

EU로 전 세계 2위를 기록하였고, 2010년 2,907만TEU로 1위를 기록한 이후 계속해서 1위를 기록하고 있다. 2010년에 전년대비 16.3%의 증감률을 기록하였고, 이후 최근까지 전년대비 증감률을 하락하고 있다. 2009년부터 2013년까지 컨테이너 물동량 평균 증감률은 4.1%로 나타났으며, 2013년에는 물동량 3,362만TEU를 기록하였다.

Table 8 상해(Shanghai)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	2,500	2,907	3,174	3,253	3,362	4.1
순위	2	1	1	1	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

2. 닝보(Ningbo)항

닝보항은 양쯔강 삼각주지역(상해, 닝보, 항저우)에 속해 있으며 항저우만의 남쪽에 위치한 항만으로 닝보(Ningbo), 진하이(Zhenhai), 베이툰(Beilun), 다쑤에(Daxie) 및 환산(Chuanshan)의 총 5개 항으로 구성된다.

딩하이, 셴자먼, 취산 등 총 8개 항으로 이루어져 있는 저우산항과 2006년 1월에 통합되었으며, 닝보항은 양쯔강 입구에서 떨어져 있기 때문에 토사의 영향을 받지 않아 수심 18m 이상을 유지하여 상해항에 비해 지리적인 이점이 있다. 또한, 상해항과 가까운 저우산항과의 통합으로 인해 상해항의 경쟁항만으로 부상하고 있으며, 양쯔강과 대운하를 통해 중국 내륙과 연계, 철도 및 도로를 이용하여 중국 전역과 연결이 가능하다.

닝보항은 총 309개의 선석을 가지고 있으며 이 중 60개는 10,000DWT 이상

접안할 수 있는 심해 선석이다. 이 중 25만 톤급 원유터미널, 20만 톤급 광물 터미널(30만DWT까지 접안가능)과 5만DWT 규모의 화공품 전용 터미널을 갖추고 있으며, 2013년 30만 톤 규모의 선석이 개장함에 따라 연간 원류 처리 능력이 연간 5,200만 톤으로 향상되었다.

2008년 중국에서 5번째로 닝보의 메이산(Meishan)항이 보세항으로 지정되었다. 또한, 닝보항 개발과 병행하여 인주, 명주, 망춘 공단 등 배후에 3개 공단(300km²)을 조성하고 3개의 고속도로와 닝보공항 등 산업기반을 동시에 확충하여, 닝보시에 5.8km² 규모의 첨단물류단지 조성될 계획이며, 15개의 물류기업과 250개의 제조기업이 입주할 것으로 예상된다.

또한, 닝보-저우산(Ningbo-Zhoushan)항 준설 공사가 진행중이다. 닝보-저우산항의 메이산(Meishan)항은 세계 최대 컨테이너 선박이 입항 가능하기 위한 준설 공사를 진행중이며, 18,000TEU급 선박이 접안 가능한 메이산항의 1, 2번 컨테이너 선석은 이미 운영하고 있으며 3~5번은 2013년 말에 완공되었다.

닝보항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 변화를 살펴보면, 2009년에 1,105만TEU로 전 세계 8위를 기록하였고, 이후 2010년 1,314만TEU로 6위로 둔 단계 상승하였다. 2012년까지 계속해서 6위 자리를 지켰으며, 2009년부터 2013년까지의 컨테이너 물동량 평균 증감률은 9.5%로 나타났다.

Table 9 닝보(Ningbo)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	1,050	1,314	1,451	1,567	1,733	9.5
순위	8	6	6	6	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사

주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

3. 텐진(Tianjin)항

텐진항은 중국 최대의 인공 항만으로 중국 수도 베이징의 관문항이며, 화북, 서북뿐만 아니라 몽고 및 중앙아시아 지역의 중요하고 편리한 해상 통로 역할을 담당한다. 또한, 하이허강 하구에 위치하고 있으며, 북강지역, 남강지역, 동강지역, 하이허지역의 4개 지역으로 구성되어 있다.

텐진항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 변화를 살펴보면 물동량 및 순위가 지속적으로 상승하고 있다. 2009년 870만TEU에서 2013년에는 1,300만TEU로 상승을 보였으며, 이 기간 동안의 평균 증감률은 9.0%로 나타났다. 2010년과 2011년에 각각 전년대비 15.9%, 14.9%의 증감률을 기록하면서 높은 물동량 증가가 나타났으며, 2013년에는 전년대비 3.3%의 증감률을 기록하였다.

Table 10 텐진(Tianjin)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	870	1,009	1,159	1,230	1,300	9.0
순위	11	11	11	10		

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사

주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

4. 칭다오(Qingdao)항

중국 산둥반도 남안의 자오저우완(Jiaozhou Bay)에 위치해 있는 칭다오항은 1892년 개항한 대형 항만이다. 주로 컨테이너, 원유, 철광석, 석탄, 곡물 등 다양한 수출입화물의 하역, 보관, 환적, 배분 등 물류서비스와 국제 여객운송 서비스를 제공하며, 현재 운영중인 선석은 81개이며, 12,000~15,000TEU 선박을 정박할 수 있는 세계 최대의 컨테이너 부두와 30만 톤급 초대형 선박이 정박

할 수 있는 광석부두와 원유부두, 그리고 10만톤급 석탄부두가 포함되어 있다.

칭다오항은 칭다오구항, 황다오요우항, 첸완항만지역 및 동지아커우항만지역 등 크게 4개의 항만으로 구성되어 있으며, 컨테이너 운송은 주로 첸완항에서 이루어지며 첸완항 컨테이너부두는 크게 칭다오 첸완컨테이너부두(QQCT)와 칭다오 첸완 연합 컨테이너 부두(QQCTU)로 구성되어 있다.

칭다오항은 향후 몇 년간 첸완항 지역에 컨테이너 터미널을 집중적으로 건설할 계획이다. 하지만 2008년 경제 위기의 영향으로 항만 내 부두 건설 공정이 다소 연기되고 있으며, 이와 관련하여, 칭다오 첸완항의 QQCN은 선석 6개를 건설할 예정이며 이미 건설 계획을 추진하고 있다.

칭다오항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 및 증감률을 살펴보면 평균 8.7%의 증감률을 기록하였다. 물동량을 자세히 살펴보면, 2009년 1,026만TEU, 2010년 1,201만TEU, 2011년 1,302만TEU, 2012년 1,450만TEU, 2013년 1,552만TEU를 기록하며, 꾸준한 상승세를 보인다. 각 년도의 전년대비 증감률을 살펴보면, 2009년에 -0.6%, 2010년에 17.1%, 2011년에 8.4%, 2012년에 11.4%, 2013년에 7%로 나타났다.

Table 11 칭다오(Qingdao)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	1,026	1,201	1,302	1,450	1,552	8.7
순위	9	8	8	8	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

5. 다롄(Dalian)항

다롄시는 인구 6백만 명의 중국 북방의 가장 개방된 도시이며, 금융, 산업 등 도시 기반이 잘 갖추어진 편이며, 다롄항은 연해항만지역과 국경 항만의 연결을 주목적으로 하고 있으며, 주요 배후지로는 요녕성, 길림성, 흑룡강성이 있다. 대련 경제기술 개발구, 다롄 보세구, 대련 고급기술 산업단지, 장흥도 일한 공업구, 화원구 경제구 등 중점 개발 구역이 존재하며, 주요 수출품목은 기계, 첨단 기술제품, 선박, 섬유, 금속 등이며, 주요 수입품목은 원유, 고아석, 공업제품 등이다. 동북 3성(요녕성, 길림성, 흑룡강성의 최대 관문으로 동 지역 물동량의 70%를 점유하고 있으며, 다롄시 물동량 운송은 대부분 해상운송이며, 이에 따라 항만 기반에 중점을 두고 있다.

다롄항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 및 증감률을 살펴보면 평균 17.4%로 높은 상승세를 나타내고 있다. 2009년과 2010년에 21위를 기록하였고, 이후 2011년에 19위, 2012년에 17위를 기록하였다. 특히, 2012년에 전년대비 26% 증감률을 기록하였으며, 2013년은 991만TEU로 2012년 대비 22.9% 상승하였다.

Table 12 다롄(Dalian)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	455	526	640	806	991	17.4
순위	21	21	19	17	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

6. 련윈강(Lianyungang)항

련윈강시는 TCR(Trans China Railway)의 기점으로서 중앙아시아와 유럽을 잇는 물류 거점이며, 장쑤성 최대 항만인 련윈강항은 장쑤성 북동쪽에 위치하고 있으며, 인근의 동서연도가 방파제 역할을 하고 있다. 련윈강항은 구항, Miaoling항, Xugou항의 3개의 항만으로 구성되어 있다.

련윈강의 지난 5년간 평균 13.46%의 증감률을 나타냈다. 2010년과 2011년에 각각 전년대비 28.1% 2012년에 25.3%의 증감률을 기록하면서 큰 상승세가 있었으며, 이후, 2012년에는 전년대비 3.5%, 2013년에는 전년대비 9.3%의 증감률을 보이면서, 2010년~2011년보다는 다소 낮은 증감률을 기록하였다.

Table 13 련윈강(Lianyungang)항 컨테이너 물동량 및 증감률

구분	단위: 만TEU, %					평균 증감률
	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	
물동량	302	387	485	502	549	13.6
순위	35	29	25	26	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

7. 옌타이(Yantai)항

산둥성의 북동쪽에 위치하고 있는 옌타이항은 다롄항과 마주하고 있으며 동북 3성의 연결 통로 역할을 한다. 중부의 상해항과 남부의 광저우항을 북부의 텐진항, 잉커우항, 다롄항과 연계하는 환적 중심항의 역할을 담당하며, 옌타이항과 다롄항 사이에 열차 페리(train ferry)⁵⁾ 서비스를 운행 중에 있으며, 이는

5) 열차 페리(train ferry)는 배 위에 열차 차량들을 싣고 가서 육지에 닿으면 바로 선로로 연결되어 기차 운행으로 이어지게 하는 항로 운송수단이다.

해남-광둥에 이은 두 번째 열차 페리 서비스 운행이다.

Yantai Port Administration Bureau가 옌타이항의 운영사이며, 옌타이항은 Zhifu Bay Port Area, Western Port Area, Penglai Port Area, Longkou Port Area의 4개의 항만 지역으로 구성되어 있다.

옌타이항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 변화를 살펴보면, 2009년에 140만TEU로 전 세계 72위를 기록한 이후 2012년까지 계속해서 70위대의 순위를 유지하고 있다. 2009년 -40.2%라는 큰 폭의 물동량 하락을 기록한 이후로는, 꾸준히 약 10% 정도의 증감률을 기록하고 있으며, 특히, 2013년에는 전년대비 16.2%의 증감률을 기록하였으며, 물동량은 215만TEU로 나타났다.

Table 14 옌타이(Yantai)항 컨테이너 물동량 및 증감률

구분	단위: 만TEU, %					평균 증감률
	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	
물동량	140	153	171	185	215	1.0
순위	72	74	76	74	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

8. 잉커우(Yingkou)항

잉커우항은 중국 북동부 지역에서 두 번째로 큰 항만으로 리아오둥만에 위치하고 있으며, 주로 중국 북동부 지역과 몽고 지역의 화물을 처리하고 있다. 잉커우항은 잉커우 항만지역, 빠이위첸 항만지역, 시엔런다우 항만지역, 판진항만지역 등 4개 항만지역으로 이루어져 있으며, 주로 자동차, 석탄, 곡물, 철광석, 원유, 석유정제품, 액체화학제품 등을 취급하고 있다. 잉커우항 컨테이너 터미널은 Cosco Group에 의해 운영된다.

잉커우항의 지난 5년간 컨테이너 물동량 증감률은 21.4%로 매우 높게 나타났다. 전 세계적으로 물동량 하락이 있었던 2009년에도 전년대비 25%의 증감률을 기록하였으며, 2010년에 전년대비 31.6%, 2011년에 전년대비 20.7%, 2012년에 전년대비 20.4%, 2013년에 전년대비 9.3%의 증감률을 기록하였다. 이러한 증감률은 전 세계 컨테이너 물동량 100위권 내의 동북아시아 지역, 즉 한국, 중국, 일본 항만들 중 가장 높은 증감률이다.

Table 15 잉커우(Yingkou)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	254	334	403	485	530	21.4
순위	40	35	32	27	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 중국항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

제4절 일본 현황

1. 도쿄(Tokyo)항

항칙법상 ‘케이힌항’으로 불리는 도쿄항은 1941년에 국제항으로 개장한 이후 1951년 ‘특정중요항만’으로 지정되었으며, 1967년에는 고베항과 함께 일본 최초로 컨테이너터미널을 운영하기 시작하였다.

인구 4,000만 명에 달하는 대도시권 주민생활과 산업활동에 필요한 소비물자의 수송을 담당하는 대표적인 도시형 유통거점항만으로서 1998년부터 수출입 컨테이너 처리물동량 일본 국내 1위, 관세법상 무역액 기준으로는 나고야항에 이어 2위를 유지하고 있다.

유통거점항만에 걸맞게 2008년 기준으로 도쿄항 취급화물의 3/5에 달하는 67.9%의 화물이 국내 이입화물과 해외에서의 수입화물로 구성되었으며, 수출화물 중 사무기구나 컴퓨터 등 첨단기기류의 비율이 높아 부가가치가 높은 화물을 취급하는 항만이다. 또한, 도쿄항은 도쿄만 북동쪽에 위치한 항만으로 도쿄도가 관리하고 있다.

도쿄항의 지난 5년간 평균 물동량 증감률은 2.1%로 나타났으며, 2013년의 전년대비 증감률은 -8.4%로 나타났다. 순위는 20위권을 유지하고 있다.

Table 16 도쿄(Tokyo)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	379	429	464	475	435	2.1
순위	25	25	27	28	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 일본항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

2. 요코하마(Yokohama)항

요코하마항은 도쿄만의 서측에 위치하고 있으며, 항만으로 풍향, 풍력, 조류, 수심 등 최적의 조건을 가지고 있으며, 1859년 6월 무역항으로 개항하였으며, 도쿄와 인접하고 넓은 배후권역을 통해 주요항구로 성장하였다.

2012년 기준 총물동량은 1억 2,139만 톤을 처리하였으며, 컨테이너의 경우 305만 2천TEU를 처리하였다. 2012년 주요 수출품목으로는 완성차, 자동차 부품, 산업기계, 화학공업품의 순으로 자동차 관련 품목이 주를 이루었으며, 주요 수입품목으로는 LNG, 원유, 제조식품, 의류, 석탄의 순으로 에너지 관련 수입이 주요한 것으로 나타났다. 2012년 주요 수출국으로 중국, 미국, 한국의 순이었으며, 주요 수입국으로는 중국, 호주, 미국으로 집계되었다.

요코하마항의 지난 5년간의 컨테이너 물동량 증감률을 살펴보면, 2010년 17.2%로 증가한 경우를 제외하면 모두 전년대비 부(-)의 증감률을 나타내고 있으며, 2009년부터 2013년까지의 평균 증감률은 -3%이다.

Table 17 요코하마(Yokohama)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	280	328	308	305	289	-3.0
순위	38	34	40	43	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 일본항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

3. 나고야(Nagoya)항

나고야항은 2007년 개항하여 4개의 시(나고야시, 토카이시, 치타시, 야토미시)에 걸쳐있으며, 면적은 육지(4,215만 m^2), 해상(8,194만 m^2)으로 구성되어 있다. 2012년 기준 총물동량은 2억 262만 톤이었으며, 컨테이너 물동량은 266만 TEU를 처리하였다. 수출 주요품목은 자동차부품, 기계류, 철제, 고무제품 순이었으며, 수입 주요품목으로는 LNG, 칠광석, 원유, 석탄의 순이었으며, 주요 수출국으로는 중국, 사우디아라비아, 미국이었으며, 주요 수입국으로 호주, 중국, 카타르 순이었다.

나고야항의 지난 5년간 평균 증감률은 0.1%로 변동폭이 크지 않은 것으로 나타났으며, 2012년 컨테이너 물동량은 266만TEU로 49위를 기록하였으며, 2013년은 271만TEU를 기록하였다. 나고야항의 경우, 전 세계적으로 물동량이 하락한 2009년에 급격히 물동량이 하락한 이후, 2010년부터 2013년까지는 꾸준히 소폭 증가세에 있다.

Table 18 나고야(Nagoya)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	211	255	262	266	271	-0.1
순위	51	48	49	50	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 일본항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

4. 고베(Kobe)항

일본 열도 중앙에 위치한 고베항은 1868년 개항 이후 일본을 대표하는 국제 무역항의 역할을 하며, 북미, 유럽, 호주, 아시아, 중국 등의 정기항로를 통해

세계 130여 국가, 500여개 항구와 연결되어 있다.

2006년에는 고베 공항의 개항과 고베-간사이공항 간의 셔틀로 항만과 항공을 연결하는 광역교류의 거점을 형성하였으며, 지리적 조건으로 항구에 하천의 유입이 없어 준설이 불필요하며, 조수 간만의차가 적어 선박계류에 적합한 이점을 지니고 있다.

고베항의 컨테이너 물동량 및 증감률은 나고야항과 마찬가지로 큰 변동폭이 없으며, 2012년 257만TEU를 기록하면서 52위권에 랭크되었으며, 2013년에는 255만TEU의 컨테이너 물동량을 기록하면서 전년보다 물동량이 하락한 것으로 나타났다.

Table 19 고베(Kobe)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	225	256	262	257	255	0.3
순위	46	47	48	52	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 일본항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

5. 오사카(Osaka)항

1973년 일본 최초로 컨테이너선박 전용안벽을 개장한 오사카항은 오사카시를 중심으로 인구 약 2,100만 명의 산업 경제활동을 기반으로 하는 킨키권의 관문항이며, 항칙법 관세법상으로 고베항, 아마가사키니시노야마시야항과 함께 한신항이라 불리고 있다.

2010년 국제전략항만으로 지정된 오사카항은 일본 최대 규모의 국내·외 웨리티미널을 보유하고 있는데다 킨키권 국제컨테이너거점으로서의 비중도 높아

저 2011년 상반기(1~6월) 입항선박은 12,941척(전년 동기 대비 1.0% 증가), 처리물동량은 총톤수 기준으로 6,033만톤(전년 동기 대비 4.5% 증가)을 기록하며 일본 국내 5위의 컨테이너항만으로 성장하였다.

오사카항은 컨테이너 물동량에 있어서 2010년과 2011년에 53위를 기록하였으나, 2012년에는 241만TEU로 57위로 하락하였으며, 2013년의 물동량은 219만TEU로 전년대비 -9%의 증감률을 나타냈다. 최근 급격하게 하락하기는 하였으나, 2010년의 물동량 증가세의 영향으로 지난 5년간의 평균 증감률은 0.5%로 나타났다.

Table 20 오사카(Osaka)항 컨테이너 물동량 및 증감률

단위: 만TEU, %

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	평균 증감률
물동량	184	228	245	241	219	0.5
순위	56	56	53	57	-	

자료: Containerisation International Yearbook, 일본항만공사
 주: 2013년 순위에 대한 정확한 집계는 발표되지 않았음.

제4장 분석방법 및 분석자료

제1절 분석방법

1. DEA 개념 및 특징

Charnes, et al.(1978)에 의하면 DEA는 현대경제학의 기초인 생산함수 또는 효율생산가능 면과 같은 극단관계(extremal relations)에 의하여 경험적 평가의 새로운 방법을 제공하는 수리계획모형(mathematical programming model)이라고 정의된다. 또한, Roll, et al.(1991)에 의하면 DEA는 일련의 산출을 생산하기 위하여 몇몇의 투입을 이용하여 DMU 집단 내에서의 상대적 효율성을 측정하는 체계적 접근법이다. DEA는 DMU의 명백한 생산함수 없이 다수의 투입과 산출로 상대적 효율성을 측정하는 수학적 모형이다. Seiford and Thrall(1990)에 의하면 DEA는 중앙화경향(central tendency) 보다는 변경에 방향을 맞추는 방법론, 즉 데이터의 중심으로 통하는 회귀평면에 맞추려는 대신에 관찰결과 의 꼭대기에 놓여있는 구간선형표면(piecewise liner surface)에 맞춘다.

DEA에서의 연구대상 조직을 DMU라고 부른다. DMU란 용어는 Charnes, et al.(1978)이 제시한 CCR모형에서 처음으로 사용되었다. DMU의 정의는 광범위한 가능한 적용에 있어서 신축성을 허용하기 위하여 어느 정도 명확하지 않다. 일반적으로 DMU는 투입을 산출로 변환하고 그 성과가 평가되는 것으로 여겨진다. 경영적 적용에서 DMU는 은행, 백화점 및 슈퍼마켓을 포함하여, 자동차제조회사, 병원, 학교, 공공도서관 등으로 확장된다. 공학에서 DMU는 비행기 또는 제트엔진과 같은 부품의 형태를 가질 수도 있다.

Sun(1988)에 의하면 DEA는 전통적 접근법과는 달리 다음과 같은 특징을 지닌다. 첫째, DEA는 관측된 DMU의 투입 및 산출에 직접 작용하여, 개별 DMU

의 효율성을 평가하기 위하여 선형계획기법을 사용한다. 둘째, DEA는 많은 전통적 방법에서는 어려운 다수투입 및 다수산출의 생산함수의 연구를 촉진한다. 그리고 DEA는 DMU를 비효율적으로 만드는 개별 투입낭비의 양과 산출부족을 동시에 인식할 수 있다. 셋째, DEA는 다른 DMU의 성과와 관련하여 DMU를 평가한다. 넷째, DEA는 투입 및 산출과 관련하여 명확한 함수 모형을 유하지 않으며 산정하지 않는다. 그러므로 DEA는 모수적 방법에 의하여 직면할 어떤 이론적 및 계산적 문제도 빠지지 않고 효율성을 평가할 수 있다. 다섯째, DEA는 오직 우변만 다른 일련의 선형계획문제를 적용하므로 계산이 편리하다.

또한, Golany and Roll(1989)에 의하면 DEA를 수행하는 목적은 전형적으로 다음을 포함한다. 첫째, 각 비교된 DMU에 있어서의 투입·산출 차원에서의 상대적 비효율성의 정도와 자원을 식별한다. 둘째, 효율성 결과에 의한 DMU를 서열화한다. 셋째, 비교된 DMU를 이끄는 경영을 평가한다. 넷째, DMU의 통제 밖에 있는 프로그램이나 정책의 효과성 평가 그리고 프로그램 비효율성과 경영 비효율성을 구별한다. 다섯째, 평가받는 DMU들 간의 자원배분에 대한 양적 기초를 만든다. 재분배정책은 다른 DMU에서의 다양한 투입에 대하여 모든 가상승수뿐만 아니라 어떤 DMU에서 찾아지는 여유(slacks)를 고려하며, 그러한 재분배정책의 일반적 목적은 바람직한 결과를 만들어내는 데 더욱 효과적으로 사용하도록 DMU에 대한 제한된 자원을 변경하는 것이다.

한편 DEA는 다양한 투입요소를 사용하여 다양한 산출물을 생산하는 DMU를 평가대상으로 하고 있는데, 박만희(2008)에 의하면 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 첫째, 투입요소 및 산출요소가 다양하여 하나의 효율성 지수로 표현하기 힘든 경우에 유용하게 사용할 수 있다. 또한, 인원수, 시간 및 돈 등 투입요소 및 산출요소의 측정단위가 각각 다른 경우에도 적용가능하고 화폐단위로 표시될 수 없는 경우에도 이용할 수 있다. 둘째, 투입요소 및 산출요소에 대한 가중치를 직접 추정하여 평가대상 DMU의 효율성을 추정하기 때문에 사전에 투입요소 및 산출요소에 대한 지식이나 규정이 불필요하다. 셋째, 모집단의 평균

치를 이용하는 회귀분석과는 달리 효율적인 DMU의 개별적인관찰에 초점을 두므로써 개선 가능성에 대한 유용한 정보를 제공한다. 넷째, 지리적 위치나 경쟁환경의 심화 정도 등 외생변수를 고려하거나 조정하는 것이 가능하다. 다섯째, 공공부분의 경우 투입요소나 산출요소의 가격을 파악하기 어려운 경우가 많으므로 계량화하기 어려운 문제를 해결할 수 있다.

2. CCR모형 및 BCC모형

DEA모형은 Charnes, et al.(1978)이 제시한 규모수익불변(constant returns to scale; CRS)모형인 CCR모형과 Banker, et al.(1984)이 제시한 규모수익가변(variable returns to scale; VRS)모형인 BCC모형 등 여러 모형으로 구분된다. CCR모형과 BCC모형이 가장 널리 활용되고 있으며, 이들 모형은 초점을 투입요소 또는 산출물에 맞추어 따라 투입지향형과 산출지향형으로 구별한다.

1) CCR모형

DEA의 가장 기본적인 모형의 하나인 CCR모형은 Charnes, et al.(1978)에 의해 처음으로 제시되었다. CCR모형은 비율모형(ratio model), 승수모형(multiplier model) 및 포락모형(envelopment model)으로 나타낼 수 있다. 비율모형은 어떤 DMU에 대한 닳은 비(similar ratios)가 1 이하여야 한다는 조건에 따라 가중 투입에 대한 가중산출의 비율의 최대치로 얻어진다. 투입지향형 CCR비율모형 및 산출지향형 CCR비율모형은 각각 아래의 식 (4-1), 식 (4-2)와 같다.

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (4-1)$$

subject to

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

$$u_r, v_i \geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m$$

$$\min f_0 = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \quad (4-2)$$

subject to

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

$$v_i, u_r \geq 0$$

식 (4-1)을 선형식으로 바꾸면 아래의 식과 같다.

$$\max_{z_0} z_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (4-3)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq 0$$

여기서 h_0, f_0 및 z_0 는 DMU_0 의 효율성, u_r 은 r 번째 산출의 가중치, v_i 는 i 번째 투입의 가중(승수), s 는 산출요소의 수, m 은 투입요소의 수를 나타내며, y_{rj}, x_{ij} (모든 양수)는 j 번째 DMU의 이미 알고 있는 산출 및 투입을 나타낸다. u_r 및 v_i 는 비음(≥ 0)이며 위 문제의 해결에 의하여 정해질 변수(요소)의 가중치(variable weights)이다. CCR모형의 벡터행렬기호법에 의한 승수형(multiplier form) 선형식(LP form) 및 포락형(envelopment form) 쌍대식(dual problem)으로 나타내면 각각 식 (4-4), 식 (4-5)와 같다.

$$\max_{v, u} u y_0$$

subject to $x_0 = 1$

$$-v X + u Y \leq 0$$

$$v \geq 0, u \geq 0$$

$$\min_{\theta, \lambda} \theta$$

subject to $\ominus x_0 - X\lambda \geq 0$



(4-4)

(4-5)

$$Y\lambda \geq y_0$$

$$\lambda \geq 0$$

위의 식 (4-4) 및 식 (4-5)에서 볼드체 기호는 벡터를 행렬 X 는 x_j 를, 행렬 Y 는 y_j 를, 행벡터 v 는 투입승수(input multipliers)를, 행벡터 u 는 산출승수(output multipliers)를, 실변수(real variable) θ 는 식 (4-4)의 첫 번째 제약조건에 대응되는 쌍대변수(dual variable)를, 식 (4-5)에서 $(\lambda_1, \dots, \lambda_n)^T$ 를 나타내는 비음(non-negative)의 벡터 λ 는 식 (4-4)의 두 번째 제약조건에 대응되는 쌍대변수를 나타낸다.

2) BCC모형

CCR모형과 함께 기본적인 DEA모형의 하나인 BCC모형은 Banker, et al.(1984)에 의해 제시되었다. CCR비율모형은 투입물과 산출물 간 관계의 가중치 도는 가정된 함수형식의 명백한 기술(delineation)이 연속적인 상술을 요구함이 없이 데이터로부터 직접 얻는 비율모형의 최적치에 의하여 기술 및 규모의 비효율성(technical and scale inefficiencies)을 내포한다. 반면 BCC모형은 기술효율성과 규모의 효율성을 구분하며, 투입지향형 BCC비율모형 및 산출지향형 BCC비율모형은 각각 아래의 식 (4-6), 식 (4-7)과 같다.

$$\max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (4-6)$$

subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

$$\forall j, u_r, v_i \geq 0$$

and u_0 is unconstrained in sign

$$\min \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}$$

subject to

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1, j = 1, \dots, n$$

$$\forall j, u_r, v_i \geq 0$$

and v_0 is unconstrained in sign

여기서 u_0 또는 v_0 는 양수 또는 음수일 수 있다. u_0 또는 v_0 는 CCR모형과의 차이점이며 규모수익지수(indicator of returns to scale)를 나타낸다. 식 (4-6)을 선형식으로 바꾸면 아래의 식과 같다.

(4-7)



$$\max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0 \quad (4-8)$$

subject to

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

and u_0 is unconstrained in sign

BCC모형을 벡터행렬기호법에 의한 수형 선형식 및 포락형 쌍대식으로 나타내면 각각 아래의 식(4-9), 식 (4-10)과 같다.

$$\max_{v, u, u_0} z = vx_0 - u_0 \quad (4-9)$$

subject to $vx_0 = 1$

$$-vX + uY - u_0e \leq 0$$

$$v \geq 0, u \geq 0, u_0 \text{ free in sign}$$

$$\min_{\theta_B, \lambda} \theta_B \quad (4-10)$$

subject to $\theta_B x_0 - X\lambda \geq 0$

$$Y\lambda \geq y_0$$

$$e\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

3. 규모의 효율성

DMU가 비효율적인 경우 비효율의 원인이 DMU 자체의 비효율적인 운영에 의하여 야기되었는지 또는 DMU가 운영되는 불리한 조건에 의한 것인지를 조사할 수 있으며, 이 목적을 위하여 CCR모형과 BCC모형을 비교할 만하다. CCR모형은 규모수익불변의 생산가능집합을 가정하며, 즉 모든 관찰된 DMU의 증가와 감소를 가정하여 이들 비음의 결합이 가능하므로, CCR모형 점수를 전체 기술효율성(global technical efficiency)이라 한다. BCC모형은 관찰된 DMU들이 형성하는 생산가능집합의 볼록결합(convex combination)을 가정하며, BCC모형 점수를 부분순수기술효율성(cal pure technical efficiency scale size)으로 운영되는 것이다.

만약 DMU가 BCC모형으로 완전히 효율적이나 CCR모형 점수가 낮다면, 이는 부분적으로 효율적으로 운영되나 DMU 규모의 크기 때문에 전체적으로 효율적으로 운영되는 것이다. 따라서 두 가지 점수의 비율에 의하여 DMU의 규모의 효율성을 특징짓는 것이 합리적이다. 어떤 DMU의 CCR모형 및 BCC모형의 점수를 각각 θ_{CCR}^* 및 θ_{BCC}^* 라고 하면 규모의 효율성(scale efficiency; SE)은 아래의 식 (4-11)과 같이 정의된다.

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (4-11)$$

규모의 효율성은 1보다 크지 않다. 규모수익불변의 특징을 지닌 BCC효율적 DMU의 규모의 효율성은 1이다. CCR 점수는 부분순수기술효율성(PTE)과 구분하여, 규모의 효율성을 고려하지 않기 때문에 전체기술효율성(TE)이라 한다. BCC는 규모수익가변 상황에서 부분순수기술효율성을 나타낸다. 이 개념들을 사용하는 식 (4-11)은 효율성의 분해를 $\theta_{CCR}^* = \theta_{BCC}^* \times SE$ 또는 $TE = PTE \times SE$ 라고 증명한다. 이 분해는 그것이 비효율적인 운영에 기인하느냐(PTE) 또는 규모의 효율성에 의하여 나타난 불리한 조건에 기인하느냐 또는 양쪽 모두에 기인하느냐의 비효율성의 원인을 설명한다.

단일투입과 단일산출의 경우에 규모의 효율성은 아래의 그림으로 설명되며, 규모수익증가인 BCC효율적인 A에 대하여 규모의 효율성은 다음의 식 (4-12)에 의하여 주어진다.

$$SE(A) = \theta_{CCR}^*(A) \times \frac{LM}{LA} < 1 \quad (4-12)$$

이는 A는 부분적으로 효율적인 운영이며(PTE=1) 이의 전체적 비효율성(TE)은 LM/LA으로 표시되는 규모의 비효율성(SE) 달성실패에 의해 야기됨을 나타낸다. DMU B와 C는 가장 생산적 교유의 크기로 운영된다. 이들 DMU의 효율성은 1이므로 이들은 CCR 및 BCC모형 모두에 대하여 규모 및 기술적으로 모두 효율적이다.

제2절 분석자료

1. 분석대상 및 변수 선정

본 논문은 동북아시아 주요 항만의 효율성을 분석하기 위해, 동북아시아 지역의 16개 항만을 분석대상으로 DEA모형을 통한 분석을 실시한다. 2012년 기준 세계 컨테이너 물동량 항만 순위 100위권 내의 항만 중 내륙항을 제외한 한·중·일 항만 모두를 분석대상으로 선정하였으며, 규모수익불변모형인 CC R모형과 규모수익가변모형인 BCC모형을 통해 항만효율성을 분석하며, 또한 규모의 효율성 측면에서도 효율성을 분석한다.

Table 21 분석대상 항만

국가	항만 수	항만
한국	3	부산항, 평양항, 인천항
중국	8	상해항, Ningbo항, 칭다오항, 톈진항, 다롄항, 뤼윈강항, 잉커우항, 옌타이항
일본	5	도쿄항, 요코하마항, 나고야항, 고베항, 오사카항

일반적으로 생산체계는 투입요소들이 기술과 결합되어 질적인 전환과정을 거친 다음 산출량을 생산해낸다. 이런 일반 생산체계를 구체적인 기업이나 공공사업에 적용할 때 어떤 부분을 투입요소로 하고 어떤 부분을 산출량으로 결정할 것인가는 생산성이나 효율성분석에서 중요하다. 보통 일반기업을 대상으로 생산성과 효율성을 분석할 때는 투입요소로 노동과 자본(토지포함)으로 하고 산출물은 재화와 서비스로 한다.⁶⁾

6) 권신혜. 2007. 동북아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구. 석사학위논문. 부산: 부경대학교.

그러나 항만과 같은 사회간접자본형태를 갖는 대규모 공공사업은 투입요소와 산출물의 구체적인 형태가 모호해진다. 그래서 항만의 효율성을 측정할 때 투입요소와 산출물을 결정하는데 상당한 어려움을 갖게 된다. 투입요소를 포괄적으로 노동, 장비, 토지로 범주화하고 컨테이너 터미널의 생산성은 이들 투입요소의 효율적인 이용에 달려 있으므로 이 세 가지 요소의 효율적 이용을 계량화함으로써 측정할 수 있다고 하였다.⁷⁾

기존의 항만 효율성 연구에 있어서 변수의 선정에 대하여 살펴보면, 몇몇 연구에서 서비스 수준, 임대료에 따른 수익, 선석점유율 등을 선정하기도 하였지만, 거의 모든 연구에서 컨테이너 처리량(TEU)을 산출요소로 선정하였다. 반면 투입요소는 선석 수, 크레인 수, CY면적, 부두면적 등 컨테이너처리에 직간접적으로 영향을 미칠 수 있는 매우 다양한 요소들이 사용되었다.

이와 같이 기존 연구에서는 항만 효율성 측정을 위해 다양한 투입요소와 산출요소가 적용되고 있지만, 각 요소 선정 및 요소의 정의에 따라 결과가 달라질 수 있으므로, 변수의 선정은 신중해야 한다. 그러나 사회간접자본의 형태인 항만은 투입요소 및 산출요소에 대한 구체적인 형태 및 정의가 모호하기 때문에, 선정에 어려움이 있다. 또한, 다수의 항만을 대상으로 공통적인 자료를 수집할 수 있는 변수들이어야 한다는 제약도 존재한다.

따라서 본 논문은 기존의 국·내외 연구자들이 가장 보편적으로 사용하는 투입요소와 산출요소를 종합하여 변수를 선정하였다. 즉 투입요소(Input Data)로는 선석 수(Berth), 안벽 길이(Wharf), 수심(Depth), 부두 총면적(Total Area), C/C(Container Cranes) 대수를 이용하고, 산출요소(Output Data)로는 컨테이너 물동량을 이용했다. 컨테이너 물동량의 2013년 기준 자료를 이용하였으며, 투입요소는 현재 시점의 자료를 이용하였다. 각 항만의 투입요소와 2013년 컨테이너 물동량은 각 국가 및 지역의 항만공사에 공개된 자료를 이용하였다.

7) Dowd, T. J., & Leschine, T. M. 1990. *Container terminal productivity: a perspective*. Maritime Policy & Management, 17(2), 107-112.

Table 22 변수의 선정

투입요소(Input Data)	산출요소(Output Data)
선석 수(Berth) 안벽 길이(Wharf) 수심(Depth) 부두 총면적(Total Area) C/C(Container Cranes) 대수	컨테이너 물동량(2013년)

제5장 실증분석

제1절 DEA-CCR모형에 의한 항만 효율성 분석

DEA모형은 투입요소에 초점을 두는 투입지향과 투입량을 최소로 유지하면서 산출요소를 극대화하는데 초점을 두는 산출지향 분석으로 구분할 수 있으며, 산출중심 모형은 투입요소가 대규모 자본이 일시에 투입되는 고정자산의 성격이 강한 항만, 철강, 자동차 산업에 유용하게 사용되는 DEA모형이다.⁸⁾ 따라서 본 논문에서는 동북아시아 지역의 컨테이너항만의 효율성을 분석하기 위하여, 산출지향 DEA모형을 이용하였다.

2. 분석자료 요약

Table 23 분석자료 요약

순번	항만	투입요소					산출요소
		선석 수 (개)	선석 길이 (m)	수심 (m)	부두총면적 (m ²)	CC 대수 (대)	컨테이너 물동량(TEU)
1	상해항	40	12,298	17.5	639	142	33,617,000
2	부산항	41	12,523	18	714.9	121	17,686,099
3	닝보항	32	9,688	18.5	507.5	95	17,326,800
4	칭다오항	23	7,170	20	462	74	15,520,000
5	톈진항	25	7,665	19.5	475.7	81	13,000,000
6	다롄항	18	5,665	17.8	412.1	35	9,912,000
7	렌윈강항	9	2,900	16.5	105	22	5,488,000
8	잉커우항	7	1,936	15.5	149	18	5,301,000
9	도쿄항	15	4,479	16	150.6	36	4,353,394
10	요코하마항	19	5,350	16	256.7	41	2,888,220
11	나고야항	13	3,955	16	159.5	28	2,708,655
12	고베항	11	4,700	16	153.2	31	2,553,257
13	오사카항	14	4,465	16	123.1	30	2,193,939
14	광양항	18	6,150	16	297.6	27	2,275,801
15	인천항	11	2,449	14	82.2	19	2,160,797
16	엔타이항	7	2,013	14	87.2	18	2,150,000

효율성 값을 통하여 효율적으로 운영된 항만과 비효율적으로 운영된 항만을 알 수 있으며, 특히, 비효율적으로 운영된 항만으로 나타난 항만은 향후 투입을 감소시키거나 산출을 증가시켜야 하는 개선조치를 필요로 한다는 것을 의미한다. 즉 효율성 값이 1이라는 의미는 다른 항만과 비하였을 때 상대적으로 효율적이라는 것을 의미하고, 효율성 값이 1이 되지 못하는 항만의 경우 상대적으로 비효율적이라는 것을 의미하며 참조집단이 존재한다.

참조집합이 되는 항만의 피평가 항만과 투입 및 산출구조에 있어서 비교적 동질성을 지닌 집단들로 구성되어야 한다. 참조집단은 두 가지 측면에서 분석할 수 있다. 하나는 항만이 참조집합으로 출현한 회수와 관련된 것이며, 다른 하나는 각각의 비효율적 항만에 대하여 참조집단이 되는 항만들에 관련된 것이다. 이것은 상대적으로 비효율적인 항만들의 효율성 향상 측면에서 가장 큰 영향을 미치는 항만들이 어떤 것들인가를 알아내는 것을 의미하여 나아가 관련된 형태나 절차 개선에 있어서 참조가 될 항만을 선정하는 유용한 정보를 제

8) 이형석, 김기석. 2006. DEA 모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적·동태적 효율성 분석. 대한경영학회지, 19(4), 1197-1217.

공해준다. 따라서 비효율적인 항만은 중요 참조집단 중 가장 적합한 참조집단이 되는 항만을 본보기로 효율성을 증진시키기 위하여 개선해야 하는 방향을 탐구할 필요가 있다. 이때 가장 적합한 참조집단의 판단은 참조집단에 대해 계산된 가중치의 값에 의해 이루어지는데 가장 적은 값의 가중치를 갖는 참조집단이 목표항만이 될 수 있다.⁹⁾

즉 참조집단은 비효율적인 항만이 참조할만한 벤치마킹 대상으로서의 의미가 있으며, 비효율적인 항만이 효율적으로 개선되기 위해서는 유사성을 갖는 참조집단 항만의 투입요소와 산출요소를 비교하여 개선점을 제안할 수 있다. 참조집단의 값이 높으면 높을수록 효율적인 항만과 비효율적인 사이에 높은 유사성을 갖는다고 말할 수 있으며, 참조집단의 출현 빈도가 높은 항만일수록 보다 효율적인 항만이라고 할 수 있다.

산출지향 DEA-CCR모형에 의한 효율성 값 분석결과, 상해항, 뤼원강항이 효율성 값 1로 가장 효율적인 것으로 나타났으며, 요코하마항(0.235), 오사카항(0.238), 광양항(0.242) 등은 상대적으로 비효율적인 것으로 나타났다. 한국 항만의 경우, 부산항이 0.602, 인천항이 0.325, 광양항이 0.242로 나타났으며, 중국 항만은 전체적으로 효율적인 것으로, 일본 항만은 전체적으로 비효율적인 것으로 나타났다.

이러한 분석결과에 대한 의미를 좀 더 자세히 알아보기 위하여, 효율성 값이 0.282이고 16개 항만 중 11위를 차지한 나고야항을 예를 들어 살펴보면, 나고야항의 참조집단은 상해항, 뤼원강항의 투입요소와 산출요소를 각 람다(λ) 값으로 선형결합하여 가상적인 DMU를 만든다. 따라서 나고야항의 효율성은 가상적인 DMU에 대하여 상대적 효율성 값이 0.282로 평가된다는 의미로 분석된다.

9) 서영준. 2011. ASEAN 지역 항만의 효율성 평가에 관한 연구. 한국해양대학교 대학원 석사학위논문.

Table 24 산출지향 DEA-CCR모형을 통한 효율성 값 및 참조집단

순위	DMU	국가	효율성 값	준거집단(람다(λ))
1	상해항	중국	1	상해항(1)
1	뤼원강항	중국	1	뤼원강항(1)
2	다롄항	중국	0.986	뤼원강항(0.948), 상해항(0.095)
6	잉커우항	중국	0.936	뤼원강항(0.668)
4	칭다오항	중국	0.774	뤼원강항(0.792), 상해항(0.396)
5	닝보항	중국	0.719	뤼원강항(0.493), 상해항(0.593)
6	톈진항	중국	0.609	뤼원강항(0.694), 상해항(0.460)
7	부산항	한국	0.602	뤼원강항(0.224), 상해항(0.817)
8	도쿄항	일본	0.414	상해항(0.092), 뤼원강항(0.842)
9	엔타이항	중국	0.365	뤼원강항(0.694)
10	인천항	한국	0.325	뤼원강항(0.783)
11	나고야항	일본	0.282	상해항(0.056), 뤼원강항(0.910)
12	고베항	일본	0.254	뤼원강항(0.891), 상해항(0.075)
13	광양항	한국	0.242	뤼원강항(0.919), 상해항(0.048)
14	오사카항	한국	0.238	뤼원강항(0.927), 상해항(0.040)
15	요코하마항	일본	0.235	상해항(0.166), 뤼원강항(0.794)

람다(λ) 값이 클수록 그 항만을 더욱 더 참조했다는 의미이며 효율성에서 그 항만과 유사성이 높다고 평가될 수 있다. 참조집단 분석결과에 따르면, 상해항이 총 12번, 뤼원강항이 총 15번으로 참조집단으로의 출현빈도가 높아 효율적인 항만으로 나타났다. 즉 상해항과 뤼원강항이 효율적 항만을 위한 벤치마킹의 대상이 된다고 할 수 있으며, 이러한 항만은 다른 항만이 비효율성을 개선하기 위한 효율성 평가의 기준이 되기도 한다.

Table 25 산출지향 DEA-CCR모형의 참조집단 빈도

참조집합	출현빈도
상해항	12
렌윈강항	15

일반적으로 DEA모형을 통한 분석에서는 효율성을 증대시키는 방법으로 투입요소를 감소하거나, 산출요소를 증가시키는 방법으로 구분하여 결과를 제시한다. 즉 DEA모형을 통한 분석의 경우, 비효율적인 항만이 효율적인 항만이 되기 위하여 감소시켜야 할 투입요소나 증가시켜야 할 산출요소에 대한 정보를 제공해주어 효율적인 항만이 될 수 있는 구체적인 방안을 제시해준다. 각 항만이 효율적인 프론티어에 투자를 했을 때 투자 값을 안다면 각 항만이 개선시킬 수 있는 여지를 알게 되기 때문에 효율성을 개선하는데 용이하다.

효율성 개선을 위한 투자를 살펴보면, 16개 항만 중, 11개 항만이 선석 수를, 10개 항만이 선석 길이를, 3개 항만이 수심을, 11개 항만이 부두 총면적을, 8개 항만이 C/C 대수를 줄여야만 효율적인 항만이 될 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 상해항과 렌윈강항을 제외한 14개의 비효율적인 항만은 모두 컨테이너 물동량을 늘려야하는 것으로 나타났다.

효율성 값이 0.602인 부산항의 경우, 선석 수를 6개, 선석 길이를 1,821m, 부두 총면적을 169m² 줄이고, 산출요소의 총 컨테이너 물동량을 11,693,879TEU 개선시켜야 효율적인 항만이 될 수 있다고 해석할 수 있다. 또한, 효율성 값이 0.325인 인천항의 경우는, 투입요소인 선석 수, 선석 길이, 수심, C/C 대수를 각각 4개, 179m, 1m, 2대 줄이고, 컨테이너 처리 물동량을 4,484,094TEU 만큼 개선시켜야 효율적인 프론티어에 도달할 수 있는 것으로 나타났다.

대규모 시설투자를 통한 경쟁우위를 확보하려는 전략보다는 이미 갖추어진 시설 및 기반을 보다 효율적으로 활용하기 위한 전략을 모색하는 것이 필요하

며, 보다 많은 컨테이너 화물을 유치한다면 투입요소를 활용하는 빈도가 늘어나 투입요소 및 산출요소의 비효율성이 동시에 개선될 수 있다.

Table 26 산출지향 DEA-CCR모형을 통한 효율성 개선을 위한 투자

DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투자 값	차이	%
상해항 (1)	선석 수(개)	40	40	0	0%
	선석 길이(m)	12,298	12,298	0	0%
	수심(m)	18	18	0	0%
	부두 총면적(m ²)	639	639	0	0%
	C/C 대수(대)	142	142	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	33,617,000	336,17,000	0	0%
렌윈강항 (1)	선석 수(개)	9	9	0	0%
	선석 길이(m)	2900	2900	0	0%
	수심(m)	16.5	16.5	0	0%
	부두 총면적(m ²)	105	105	0	0%
	C/C 대수(대)	22	22	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	5,488,000	5,488,000	0	0%
다렌항 (0.986)	선석 수(개)	13	18	-5	-30%
	선석 길이(m)	4,004	5,665	-1,661	-29%
	수심(m)	18	18	0	0%
	부두 총면적(m ²)	163	412	-249	-60%
	C/C 대수(대)	35	35	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	11,493,753	9,912,000	1,581,753	16%
잉커우항 (0.936)	선석 수(개)	6	7	-1	-14%
	선석 길이(m)	1936	1936	0	0%
	수심(m)	11	16	-4	-29%
	부두 총면적(m ²)	70	149	-79	-53%
	C/C 대수(대)	15	18	-3	-18%
	컨테이너 물동량(TEU)	5,666,472	5,301,000	365,472	7%

DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
칭다오항 (0.774)	선석 수(개)	23	23	0	0%
	선석 길이(m)	7170	7170	0	0%
	수심(m)	20	20	0	0%
	부두 총면적(m ²)	336	462	-126	-27%
	C/C 대수(대)	74	74	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	20,043,438	15,520,000	4,523,438	29%
닝보항 (0.719)	선석 수(개)	28	32	-4	-12%
	선석 길이(m)	8718	9688	-970	-10%
	수심(m)	19	19	0	0%
	부두 총면적(m ²)	430	508	-77	-15%
	C/C 대수(대)	95	95	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	24,105,825	17326800	6,779,025	39%
톈진항 (0.609)	선석 수(개)	25	25	0	-1%
	선석 길이(m)	7665	7665	0	0%
	수심(m)	20	20	0	0%
	부두 총면적(m ²)	367	476	-109	-23%
	C/C 대수(대)	81	81	0	-1%
	컨테이너 물동량(TEU)	21,341,956	13,000,000	8,341,956	64%
부산항 (0.602)	선석 수(개)	35	41	-6	-15%
	선석 길이(m)	10,702	12,523	-1,821	-15%
	수심(m)	18	18	0	0%
	부두 총면적(m ²)	546	715	-169	-24%
	C/C 대수(대)	121	121	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	29,379,978	17,686,099	1,169,3879	66%



DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
도쿄항 (0.414)	선석 수(개)	12	15	-3	-23%
	선석 길이(m)	3665	4479	-814	-18%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	151	151	0	0%
	C/C 대수(대)	32	36	-4	-10%
	컨테이너 물동량(TEU)	1,050,6491	4,353,394	6,153,097	141%
옌타이항 (0.365)	선석 수(개)	6	7	-1	-11%
	선석 길이(m)	2,013	,2013	0	0%
	수심(m)	11	14	-3	-18%
	부두 총면적(m ²)	73	87	-14	-16%
	C/C 대수(대)	15	18	-3	-15%
	컨테이너 물동량(TEU)	5,891,843	2,150,000	3,741,843	174%
인천항 (0.325)	선석 수(개)	7	11	-4	-36%
	선석 길이(m)	2,270	2,449	-179	-7%
	수심(m)	13	14	-1	-8%
	부두 총면적(m ²)	82	82	0	0%
	C/C 대수(대)	17	19	-2	-9%
	컨테이너 물동량(TEU)	6,644,891	2,160,797	4,484,094	208%
나고야항 (0.282)	선석 수(개)	10	13	-3	-20%
	선석 길이(m)	3,330	3,955	-625	-16%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	131	160	-28	-18%
	C/C 대수(대)	28	28	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	9,613,629	2,708,655	6,904,974	255%

DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
고베항 (0.254)	선석 수(개)	11	11	0	0%
	선석 길이(m)	3,500	4,700	-1,200	-26%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	141	153	-12	-8%
	C/C 대수(대)	30	31	-1	-3%
	컨테이너 물동량(TEU)	10,067,697	2,553,257	7,514,440	294%
광양항 (0.242)	선석 수(개)	10	18	-8	-43%
	선석 길이(m)	3253	6150	-2897	-47%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	127	298	-171	-57%
	C/C 대수(대)	27	27	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	9,406,203	2,275,801	7,130,402	313%
오사카항 (0.238)	선석 수(개)	10	14	-4	-29%
	선석 길이(m)	3,184	4,465	-1,281	-29%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	123	123	0	0%
	C/C 대수(대)	26	30	-4	-13%
	컨테이너 물동량(TEU)	9,223,598	2,193,939	7,029,659	320%
요코하마항 (0.235)	선석 수(개)	14	19	-5	-28%
	선석 길이(m)	4,341	,5350	-1,009	-19%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	189	257	-67	-26%
	C/C 대수(대)	41	41	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	1,231,0170	2,888,220	9,421,950	326%

제2절 DEA-BCC모형에 의한 항만 효율성 분석

BCC모형은 규모에 의한 수입이 일정하다고 가정하는 CCR모형과는 다르게 효율적 프론티어는 주어진 DMU들의 볼록집합(convex hull)으로 구성되므로 규모의 수입이 변동한다고 가정한다. 또한, 본 논문은 앞 절과 마찬가지로, CC모형에 의한 항만 효율성 분석에 있어서도, 산출지향 DEA모형을 이용하였다.

산출지향 DEA-BCC모형에 의한 효율성 값 분석결과, 상해항, 렌윈강항, 잉커우항, 인천항, 옌타이항의 총 5개항이 효율성 값 1로 가장 효율적인 것으로 나타났다. 반면, 요코하마항, 오사카항, 광양항, 고베항 등은 효율성 값이 각각 0.263, 0.268, 0.273, 0.282로 상대적으로 비효율적인 것으로 나타났다.

한국 항만의 경우, 인천항이 효율성 값 1로, 효율적인 항만으로 나타났으며, 부산항은 효율성 값 0.605, 광양항은 효율성 값 0.273으로, 인천항에 비하여 비효율적인 것으로 나타났다. 중국 항만의 경우는 상해항, 렌윈강항, 잉커우항, 옌타이항, 총 4개의 항만이 효율적인 항만으로 나타났으며, 일본 항만은 분석 대상이 된 항만 모두 효율성 값 순위 상으로 최하위에 랭크되었으며, 도쿄항 0.464, 나고야항 0.318 등으로 한국과 중국의 항만에 비하여 비교적 매우 비효율적인 것으로 나타났다.

한편, 참조집단 분석결과에 따르면, 상해항이 총 12번, 렌윈강항이 총 12번, 옌타이항이 총 5번, 인천항이 총 3번, 잉커우항이 총 2번으로 나타났다. 즉 상해항과 렌윈강항, 옌타이항 등이, 효율적 항만을 위한 벤치마킹의 대상이 된다고 할 수 있으며, 이러한 항만은 다른 항만이 비효율성을 개선하기 위한 효율성 평가의 기준이 되기도 한다.

Table 27 산출지향 DEA-BCC모형을 통한 효율성 값 및 참조집단

순위	DMU	국가	효율성 값	준거집단(람다(λ))
1	상해항	중국	1	상해항(1)
1	렌윈강항	중국	1	렌윈강항(1)
1	잉커우항	중국	1	잉커우항(1)
1	인천항	한국	1	인천항(1)
1	엔타이항	중국	1	엔타이항(1)
2	다롄항	중국	0.884	상해항(0.108), 렌윈강항(0.892)
3	칭다오항	중국	0.801	렌윈강항(0.567), 상해항(0.4330)
4	닝보항	중국	0.729	렌윈강항(0.392), 상해항(0.608)
5	톈진항	중국	0.624	렌윈강항(0.508), 상해항(0.492)
6	부산항	한국	0.605	렌윈강항(0.175), 상해항(0.825)
7	도쿄항	일본	0.464	렌윈강항(0.666), 인천항(0.238), 상해항(0.096)
8	나고야항	일본	0.318	렌윈강항(0.720), 상해항(0.057), 엔타이항(0.223)
9	고베항	일본	0.282	렌윈강항(0.599), 엔타이항(0.179), 상해항(0.085), 잉커우항(0.137)
10	광양항	한국	0.273	렌윈강항(0.731), 엔타이항(0.220), 상해항(0.049)
11	오사카항	일본	0.268	렌윈강항(0.740), 인천항(0.217), 상해항(0.043)
12	요코하마항	일본	0.263	렌윈강항(0.566), 상해항(0.167), 엔타이항(0.267)

Table 28 산출지향 DEA-BCC모형의 참조집단 빈도

참조집합	출현빈도
상해항	12
렌윈강항	12
엔타이항	5
인천항	3
잉커우항	2

산출지향 DEA-BCC모형도 앞서 살펴본 CCR모형처럼 효율성 개선을 위한 투자 값을 살펴보면, 16개 항만 중, 9개 항만이 선석 수를, 10개 항만이 선석 길이를, 5개 항만이 수심을, 8개 항만이 부두 총면적을, 2개 항만이 C/C 대수를 줄여야만 효율적인 항만이 될 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 상해항, 렌윈강항, 잉커우항, 인천항, 엔타이항을 제외한 11개의 비효율적인 항만은 모두 컨테이너 물동량을 늘려야하는 것으로 나타났다.

효율성 값이 0.605인 부산항의 경우, 선석 수를 6개, 선석 길이를 1,870m, 수심을 1m, 부두 총면적을 169m² 줄이면 효율적인 항만이 될 수 있다고 해석할 수 있다. 효율성 값이 0.273인 광양항의 경우는, 투입요소인 선석 수, 선석 길이, 부두 총면적을 각각 8개, 2,984m, 170m²을 줄이고, 컨테이너 처리 물동량을 6,051,390TEU 만큼 개선시켜야 효율적인 프론티어에 도달할 수 있는 것으로 나타났다.

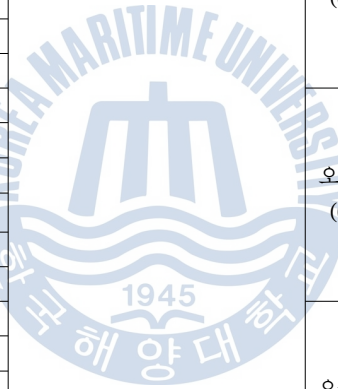
Table 29 산출지향 DEA-BCC모형을 통한 효율성 개선을 위한 투사

DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
상해항 (1)	선석 수(개)	40	40	0	0%
	선석 길이(m)	12,298	12,298	0	0%
	수심(m)	17.5	17.5	0	0%
	부두 총면적(m ²)	639	639	0	0%
	C/C 대수(대)	142	142	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	33,617,000	33,617,000	0	0%
렌원강항 (1)	선석 수(개)	9	9	0	0%
	선석 길이(m)	2,900	2,900	0	0%
	수심(m)	16.5	16.5	0	0%
	부두 총면적(m ²)	105	105	0	0%
	C/C 대수(대)	22	22	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	5,488,000	5,488,000	0	0%
잉커우항 (1)	선석 수(개)	7	7	0	0%
	선석 길이(m)	1936	1936	0	0%
	수심(m)	15.5	15.5	0	0%
	부두 총면적(m ²)	149	149	0	0%
	C/C 대수(대)	18	18	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	5,301,000	5,301,000	0	0%
인천항 (1)	선석 수(개)	11	11	0	0%
	선석 길이(m)	2,449	2,449	0	0%
	수심(m)	14	14	0	0%
	부두 총면적(m ²)	82.2	82.2	0	0%
	C/C 대수(대)	19	19	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	2,160,797	2,160,797	0	0%



DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
엔타이항 (1)	선석 수(개)	7	7	0	0%
	선석 길이(m)	2,013	,2013	0	0%
	수심(m)	14	14	0	0%
	부두 총면적(m ²)	87.2	87.2	0	0%
	C/C 대수(대)	18	18	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	2,150,000	2,150,000	0	0%
다렌항 (0.884)	선석 수(개)	12	18	-6	-31%
	선석 길이(m)	3,918	5,665	-1747	-31%
	수심(m)	17	18	-1	-7%
	부두 총면적(m ²)	163	412	-249	-60%
	C/C 대수(대)	35	35	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	11,210,308	9,912,000	1298308	13%
칭다오항 (0.801)	선석 수(개)	22	23	-1	-2%
	선석 길이(m)	6,972	7,170	-198	-3%
	수심(m)	17	20	-3	-15%
	부두 총면적(m ²)	336	462	-126	-27%
	C/C 대수(대)	74	74	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	19,377,233	15,520,000	3857233	25%
닝보항 (0.729)	선석 수(개)	28	32	-4	-13%
	선석 길이(m)	8,617	9,688	-1071	-11%
	수심(m)	17	19	-1	-8%
	부두 총면적(m ²)	430	508	-78	-15%
	C/C 대수(대)	95	95	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	23,774,808	17,326,800	6448008	37%

DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
텐진항 (0.624)	선석 수(개)	24	25	-1	-3%
	선석 길이(m)	7,521	7,665	-144	-2%
	수심(m)	17	20	-3	-13%
	부두 총면적(m ²)	368	476	-108	-23%
	C/C 대수(대)	81	81	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	20,843,092	13,000,000	7,843,092	60%
부산항 (0.605)	선석 수(개)	35	41	-6	-16%
	선석 길이(m)	106,53	12,523	-1870	15%
	수심(m)	17	18	-1	-4%
	부두 총면적(m ²)	546	715	-169	-24%
	C/C 대수(대)	121	121	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	29,219,425	17,686,099	11,533,326	65%
도쿄항 (0.464)	선석 수(개)	12	15	-3	-17%
	선석 길이(m)	3691	4479	-788	-18%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	151	151	0	0%
	C/C 대수(대)	33	36	-3	-9%
	컨테이너 물동량(TEU)	93,82,142	4,353,394	5,028,748	116%
나고야항 (0.318)	선석 수(개)	10	13	-3	-21%
	선석 길이(m)	3242	3955	-713	-18%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	132	160	-28	-17%
	C/C 대수(대)	28	28	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	8,518,017	2,708,655	5,809,362	214%



DMU (효율성 값)	투입요소 및 산출요소	효율성 값	투사 값	차이	%
고베항 (0.282)	선석 수(개)	11	11	0	0%
	선석 길이(m)	3407	4700	-1293	-28%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	153	153	0	0%
	C/C 대수(대)	31	31	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	9,049,690	2,553,257	6,496,433	254%
광양항 (0.273)	선석 수(개)	10	18	-8	-44%
	선석 길이(m)	3,166	6,150	-2,984	-49%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	127	298	-170	-57%
	C/C 대수(대)	27	27	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	8,327,191	2,275,801	6,051,390	266%
오사카항 (0.268)	선석 수(개)	11	14	-3	-23%
	선석 길이(m)	3,208	4,465	-1,257	-28%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	123	123	0	0%
	C/C 대수(대)	27	30	-3	-12%
	컨테이너 물동량(TEU)	8,198,160	2,193,939	6,004,221	274%
요코하마항 (0.263)	선석 수(개)	14	19	-5	-28%
	선석 길이(m)	4,235	5,350	-1,115	-21%
	수심(m)	16	16	0	0%
	부두 총면적(m ²)	190	257	-67	-26%
	C/C 대수(대)	41	41	0	0%
	컨테이너 물동량(TEU)	10,998,755	2,888,220	8,110,535	281%

제3절 규모의 효율성

규모의 효율성은 CCR모형에 의해서 평가된 효율성을 BCC모형에 의해 평가된 효율성으로 나눈 비율로 측정되며, DMU가 비효율적인 경우 비효율의 원인이 DMU 자체의 비효율적인 운영에 의하여 야기되었는지 또는 DMU가 운영되는 불리한 조건에 의한 것인지를 조사할 수 있으며, 이 목적을 위하여 CCR모형과 BCC모형을 비교할 만하다.

CCR모형은 규모수익불변의 생산가능집합을 가정하며, 즉 모든 관찰된 DMU의 증가와 감소를 가정하여 이들 비율의 결합이 가능하므로, CCR모형 점수를 전체기술효율성(global technical efficiency)이라 한다. BCC모형은 관찰된 DMU들이 형성하는 생산가능집합의 볼록결합(convex combination)을 가정하며, BC C모형 점수를 부분순수기술효율성(cal pure technical efficiency scale size)으로 운영되는 것이다.

규모의 효율성 값이 1이 되지 않는다는 것은 전체적인 비효율성이 규모가 적정 수준이 아니어서 발생하고 있다는 것을 의미한다. 순수 기술적 비효율성이 전체 비효율성의 원인이 된다면 비효율적인 경영활동 때문에 발생한 비효율성이기 때문에 적절한 투입요소와 산출요소의 결합을 통해서 효율적인 DMU가 될 수 있다. 이와 반대로 규모의 비효율성이 전체 비효율성의 원인이 되는 경우에는 적절한 규모로 변환시키면 효율적인 DMU가 될 수 있다.¹⁰⁾

규모의 효율성 결과를 살펴보면, 상해항과 댜원강항이 CCR 효율성 값, BCC 효율성 값, 규모의 효율성 값 모두 1로서 효율적인 운영을 하고 있으며 규모도 제대로 이용하고 있는 것으로 해석된다. 이는 순수기술효율성과 기술효율성이 동일하여 규모의 비효율성이 존재하지 않는 상태, 즉 수익불변(CRS)에서 최적의 규모 상태에 있다는 것을 의미한다.

10) 이선민, 2012. *Network DEA를 이용한 컨테이너터미널의 효율성분석*. 박사학위논문. 전라북도: 원광대학교.

한편 잉커우항, 옌타이항, 인천항은 CCR 효율성 값이 1임에도 불구하고, 규모의 효율성 값이 각각 0.936, 0.365, 0.325로서 규모의 효과를 배제하고는 효율적으로 운영되고 있다고 볼 수 있지만, 규모에 의한 비효율성이 나타나는 것으로 보아 규모로 인해 불리한 상황에 있다고 해석된다.

반면 고베항, 도쿄항, 요코하마항, 오사카항, 나고야항, 광양항은 CCR 효율성 값과 BCC 효율성 값이 모두 0.5 이하임에도 불구하고 규모의 효율성 값이 0.88이상으로 나타난 것으로 보아 비효율적인 운영을 하고 있지만 규모를 제대로 이용하고 있는 것으로 해석된다.

Table 30 규모의 효율성 결과

순위	DMU	국가	효율성 값		
			DEA-CCR모형	DEA-BCC모형	규모의 효율성
1	상해항	중국	1	1	1
1	댜원강항	중국	1	1	1
2	부산항	한국	0.602	0.605	0.995
6	닝보항	중국	0.719	0.729	10.986
4	톈진항	중국	0.609	0.624	0.977
5	다롄항	중국	0.986	0.884	0.975
6	칭다오항	중국	0.774	0.801	0.967
7	잉커우항	중국	0.936	1	0.936
8	고베항	일본	0.254	0.282	0.899
9	도쿄항	일본	0.414	0.464	0.893
10	요코하마항	일본	0.235	0.263	0.893
11	오사카항	일본	0.238	0.268	0.889
12	나고야항	일본	0.282	0.318	0.886
13	광양항	한국	0.242	0.273	0.885
14	옌타이항	중국	0.365	1	0.365
15	인천항	한국	0.325	1	0.325

제6장 결론

제1절 분석결과 요약

동북아시아의 주요 항만들은 대대적인 항만시설투자를 통한 중심항 개발전략을 추구하는 동시에 항만운영의 효율성 증대를 통한 경쟁력 강화에 노력을 기울이고 있다. 특히, 한국의 경우, 전국의 항만에 2020년까지 총 40조원을 투자하여 신항 개발과 기존시설의 신규투자 재원으로 활용할 예정이다. 이러한 시설투자가 실효성을 높이기 위해서는 경쟁 항만들 간의 상대적 효율성을 분석함으로써, 항만의 현재 효율성 수준을 정확히 파악이 필요한 시점에 있다.

본 논문은 개별 항만에 대한 내부적인 효율성 평가와 경쟁항만들 간의 상대적 효율성 분석을 통해, 현재의 항만 효율성 수준을 정확히 파악하여 이를 개선시킬 수 있는 방안제시의 시사점을 도출하는데 목적이 있다.

이러한 목적 하에, 본 논문은 동북아시아 지역, 즉 한·중·일 3개국의 주요 16개 항만을 대상으로 개별항만 효율성 및 상대적 효율성을 분석하였다. 산출요소(Output Data)로는 컨테이너 물동량을, 그리고 선석 수(Berth), 안벽 길이(Wharf), 수심(Depth), 부두 총면적(Total Area), C/C(Container Cranes) 대수의 다섯 개의 투입요소(Input Data)를 사용하여 DEA(Data Envelopment Analysis; 자료포락분석)기법 중에서도 실용도가 높은 CCR모형, BCC모형, 규모의 효율성 방법으로, 2013년 자료를 이용하여 분석을 실시하였다.

먼저, DEA-CCR모형에 의한 항만 효율성 분석의 결과를 요약해보면, 상해항, 렌윈강항이 효율성 값 1로 가장 효율적인 것으로 나타났으며, 요코하마항(0.235), 오사카항(0.238), 광양항(0.242) 등은 상대적으로 비효율적인 것으로 나타났다. 참조집단의 경우, 상해항이 총 12번, 렌윈강항이 총 15번으로 참조집단으로의 출연빈도가 높아 효율적인 항만으로 나타났다. 효율성 개선을 위한

투사를 살펴보면, 16개 항만 중, 11개 항만이 선석 수를, 10개 항만이 선석 길이를, 3개 항만이 수심을, 11개 항만이 부두 총면적을, 8개 항만이 C/C 대수를 줄여야만 효율적인 항만이 될 수 있는 것으로 나타났으며, 상해항과 렌윈강항을 제외한 14개의 비효율적인 항만은 모두 컨테이너 물동량을 늘려야하는 것으로 나타났다.

다음으로, DEA-BCC모형에 의한 항만 효율성 분석의 결과를 살펴보면, 상해항, 렌윈강항, 잉커우항, 인천항, 옌타이항의 총 5개항이 효율성 값 1로 가장 효율적인 것으로 나타났다. 반면, 요코하마항, 오사카항, 광양항, 고베항 등은 효율성 값이 각각 0.263, 0.268, 0.273, 0.282로 상대적으로 비효율적인 것으로 나타났다. 참조집단의 경우는, 상해항이 총 12번, 렌윈강항이 총 12번, 옌타이항이 총 5번, 인천항이 총 3번, 잉커우항이 총 2번의 빈도를 나타냈다. 효율성 개선을 위한 투자를 살펴보면, 16개 항만 중, 9개 항만이 선석 수를, 10개 항만이 선석 길이를, 5개 항만이 수심을, 8개 항만이 부두 총면적을, 2개 항만이 C/C 대수를 줄여야만 효율적인 항만이 될 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 상해항, 렌윈강항, 잉커우항, 인천항, 옌타이항을 제외한 11개의 비효율적인 항만은 모두 컨테이너 물동량을 늘려야하는 것으로 나타났다.

마지막으로 규모의 효율성 결과를 살펴보면, 상해항과 렌윈강항이 CCR 효율성 값, BCC 효율성 값, 규모의 효율성 값 모두 1로서 효율적인 운영을 하고 있으며 규모도 제대로 이용하고 있는 것으로 나타났다. 한편 잉커우항, 옌타이항, 인천항은 CCR 효율성 값이 1임에도 불구하고, 규모의 효율성 값이 각각 0.936, 0.365, 0.325로서 규모의 효과를 배제하고는 효율적으로 운영되고 있다고 볼 수 있지만, 규모에 의한 비효율성이 나타나는 것으로 보아 규모로 인해 불리한 상황에 있다고 해석된다. 반면 고베항, 도쿄항, 요코하마항, 오사카항, 나고야항, 광양항은 CCR 효율성 값과 BCC 효율성 값이 모두 0.5 이하임에도 불구하고 규모의 효율성 값이 0.88 이상으로 나타난 것으로 보아 비효율적인 운영을 하고 있지만 규모를 제대로 이용하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

제2절 한국항만의 발전방향

한국항만과 중국항만의 분석결과를 비교해보면, 투입요소 즉, 선석 수, 선석 길이, 수심, 부두 총면적, C/C대수는 매우 비슷한 수치로 나타나지만, 분석결과와는 중국항만이 효율성이 더 높게 나타났다. 특히, 부산항과 상해항, 렌윈강항과 인천항, 다롄항과 광양항이 투입요소가 유사하지만 산출요소인 컨테이너 물동량은 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

부산항, 인천항, 광양항이 중국항만보다 상대적으로 효율성이 낮은 이유는 컨테이너 물동량의 부족이라고 할 수 있다. 즉 한국항만이 비슷한 투입요소 조건에서, 효율성을 높이기 위해서는 컨테이너 물동량을 더 많이 유치하기 위한 다양한 차원의 노력이 필요한 것으로 보인다.

Table 31 분석결과 비교

항만	투입요소					산출요소 컨테이너 물동량 (TEU)	분석결과		
	선석 수 (개)	선석 길이 (m)	수심 (m)	부두 총면적 (m ²)	C/C 대수 (대)		CCR	BBC	규모 효율성
상해항	40	12,298	17.5	639	142	33,617,000	1	1	1
부산항	41	12,523	18	714.9	121	17,686,099	0.602	0.605	0.995
렌윈강항	9	2,900	16.5	105	22	5,488,000	1	1	1
인천항	11	2,449	14	82.2	19	2,160,797	0.325	1	0.325
다롄항	18	5,665	17.8	412.1	35	9,912,000	0.986	0.884	0.975
광양항	18	6,150	16	297.6	27	2,275,801	0.242	0.273	0.885

한편, 최근 10년간(2004년~2013년)의 동북아시아 지역 컨테이너 물동량 추이를 살펴보면, 상해항, 렌윈강항, 다롄항 등의 중국항만의 컨테이너 물동량이 지속적으로 큰 증가추세에 있다는 것으로 확인할 수 있다.

특히, Ningbo항의 경우, 2013년 물동량은 8.1억 톤으로 2008년 이후 세계 1위를 고수했다. 또한 컨테이너 물동량 역시 세계 6위(중국 3위)인 1,552만TEU로 세계 5위를 차지한 부산항(1,768만TEU)을 턱밑까지 추격했다.¹¹⁾

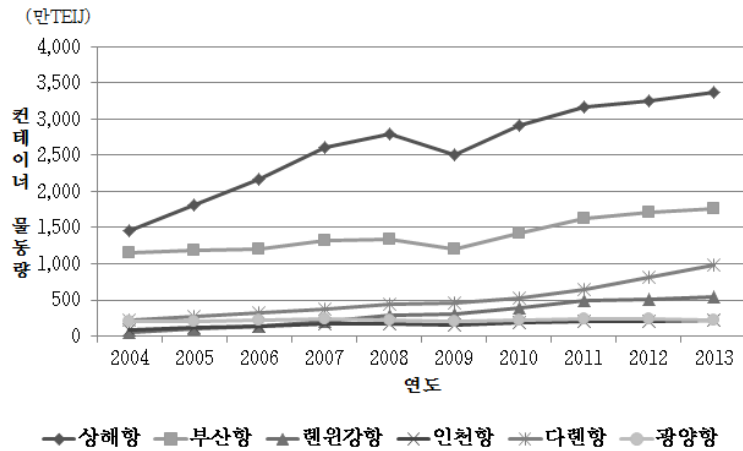
이와 같이 중국항만이 한국, 일본의 항만들보다 빠르게 성장하고 있는 이유로는 첫째, 항만 개발 및 발전에 대한 적극적인 정책적 투자, 둘째, 풍부한 자원, 셋째, 적극적인 외국인 투자유치 지원, 넷째, 풍부한 노동력 등을 들 수 있다.

Table 32 최근 10년간 동북아시아 지역 컨테이너 물동량 현황

단위: 만TEU

연도 항만	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
상해항	1,456	1,808	2,171	2,615	2,798	2,500	2,907	3,174	3,253	3,362
부산항	1,149	1,184	1,204	1,326	1,345	1,198	1,416	1,618	1,705	1,768
닝보항	401	521	707	936	1,123	1,050	1,314	1,451	1,567	1,733
청도항	514	631	770	946	1,032	1,026	1,201	1,302	1,450	1,552
톈진항	381	480	595	710	850	870	1,008	1,158	1,230	1,300
다롄항	221	266	321	381	450	455	524	640	806	991
렌윈강항	50	101	130	200	297	302	387	485	502	549
잉커우항	58	79	101	137	203	254	334	403	485	530
도쿄항	336	382	397	412	416	381	429	464	475	435
요코하미항	272	287	320	343	348	280	328	308	305	289
나고야항	230	249	275	290	282	211	255	262	266	271
고베항	218	226	241	247	256	225	256	262	257	255
오사카항	132	144	176	172	181	181	207	209	215	228
광양항	201	209	223	231	224	210	228	245	241	219
인천항	93	115	138	166	170	158	190	200	198	216
옌타이항	29	60	105	110	137	167	153	171	185	215

11) 김세원, 김범중. 한국해양수산개발원 중국연구센터. 2014. 중국 물류 리포트. 한국해양수산개발원. 제14-8호



주: 본 논문의 분석대상 항만의 컨테이너 물동량을 국가별로 합함.

Fig. 1 최근 10년간 한·중 주요 항만 컨테이너 물동량 추이

한편, 한국은 비교적 높은 기술력 및 품질을 갖고 있으며, 최근에는 한류의 영향으로 마케팅적으로 한류활용의 효과가 크다고 할 수 있다. 그러나 한국은 이러한 긍정적 조건 외에, 협소한 국토면적, 부족한 자원, 부족한 노동력 등의 한계점을 갖고 있다.

따라서 상해항, 뽀원강항, 다례항과 비교했을 때 투입요소는 매우 유사하나 산출요소 즉 컨테이너 물동량의 차이로 인하여 효율성이 상대적으로 낮게 나타난 한국의 부산항, 인천항, 광양항이 컨테이너 물동량을 증가시켜 효율성을 개선하기 위해서는, 지역적 대중국무역을 증가시키기 위한 노력이 필요하며, 더불어 자유무역지역 확대 및 적극적 외국인투자 유치가 필요한 것으로 판단된다.

제3절 시사점 및 한계점

본 논문의 분석결과는 다음과 같은 시사점을 제공할 수 있다. 첫째, 비효율적인 것으로 나타난 항만은 효율적인 것으로 나타난 항만 중 규모, 구조 등이 비슷한 항만을 벤치마킹함으로써, 효율성 개선을 위한 전략수립에 참고할 수 있다. 둘째, 장기적 차원의 투자를 위해, 예측물동량과 비슷한 양을 처리하고 있는 항만의 장기적 전략을 벤치마킹 모델로 선정함으로써 장기적 전략수립 차원에서 접근이 가능하다. 셋째, 개별항만의 효율성 분석 및 비교를 통하여, 한국항만의 향후 발전방안을 모색할 수 있다.

한편, 본 논문은 분석년도를 2013년으로 한정하여 분석을 진행하였으므로, 항만의 추세, 결과 값의 안정성 등을 파악하지 못했다는 한계점을 갖고 있다. 따라서 향후 다년도에 걸친 분석을 통해, 개별 항만에 대한 좀 더 구체적인 효율성을 도출할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 투입요소 및 산출요소 선정에 있어서 자료수집의 한계로 인하여 일부 자료만을 이용하여 분석하였지만, 향후에는 다양한 요소를 통한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- (재)부산발전연구원, 부산항만공사, 2013. *2014 물류동향과 전망*. 부산: (재)부산발전연구원, 부산항만공사.
- 강상근. 2001. *DEA 모형을 이용한 컨테이너항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구*. 한국해양대학교 대학원 석사학위논문.
- 김세원, 김범중. 한국해양수산개발원 중국연구센터. 2014. *중국 물류 리포트*. 한국해양수산개발원. 제14-8호
- 권신혜. 2007. *동북아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산: 부경대학교.
- 김안호, 차용우. 2005. *국내 무역항만의 효율성 변화분석: 맵퀴스트접근*. 한국항만경제학회지, 21(2), 173-188.
- 김현, 신승식, 송용석. 2009. *컨테이너 하역론*. 박영사.
- 류동근. 2005. *국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교: DEA 접근*. 해운물류연구, 47(단일호), 21-38.
- 박동서. 1989. *발전행정론*, 법문사.
- 박만희. 2008. *DEA 효율성 및 Malmquist 생산성 분석시스템 개발*. 생산성논집 (구 생산성연구), 22(2), 241-265.
- 박만희. 2008. *효율성과 생산성 분석*. 한국학술정보 (주), 경기도.
- 박홍균. 2010. *환적화물의 컨테이너 터미널 효율성 분석*. 한국항만경제학회지, 26(1), 1-19.
- 방희석, 강동준, 박재현. 2011. *주요 컨테이너항만의 효율성 분석에 관한 연구*. 무역학회지, 36(2), 1-23.
- 서영준. 2011. *ASEAN 지역 항만의 효율성 평가에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산: 한국해양대학교
- 송재영, 신창훈. 2005. *DEA 모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가*. 한국항만학회지, 제29권 제3호 통권 제99호 195-201
- 오성동, 박노경. 2001. *컨테이너항만의 국제경쟁력분석방법: DEA 접근-생산효율성분석을 중심으로*. 한국항만경제학회지, 17(1), 27-51.
- 오현준. 2012. *DEA 모형을 이용한 동북아시아의 항만 효율성 분석*. 석사학위논문. 전라남도: 목포해양대학교.
- 이기태, 2011. *컨테이너항만경쟁력 결정요인 분석에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산: 부경대학교.
- 이선민, 2013. *Network DEA를 이용한 컨테이너터미널의 효율성분석*. 산업경제연구원, 26(5), 2117-2141.
- 이형석, 김기석. 2006. *DEA 모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적·동태적 효율성 분석*. 대한경영학회지, 19(4), 1197-1217.
- 하명신. 2009. *동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교*. 한국항만경제학회지, 25(3), 229-250.
- 한국해양수산개발원, 항만수요예측센터. *항만과 산업 (월간)*. 각 호. 한국해양수산개발원, 항만수요예측센터.
- Aigner, D. J., & Chu, S. F. 1968. *On estimating the industry production function*. The American Economic Review, 826-839.
- Aigner, D., Lovell, C. A. A., & Schmidt, P. 1977. *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*. Journal of econometrics, 6(1), 21-37.

- Al-Eraqi, A. S., Mustafa, A., Khader, A. T., & Barros, C. P. 2008. *Efficiency of Middle Eastern and East African seaports: application of DEA using window analysis*. European Journal of Scientific Research, 23(4), 597-612.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. 1984. *Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis*. Management science, 30(9), 1078-1092.
- Barros, C. P. 2003. *The measurement of efficiency of Portuguese sea port authorities with DEA*. International Journal of Transport Economics= Rivista Internazionale de Economia dei Trasporti, 30(3).
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. 1978. *Measuring the efficiency of decision making units*. European journal of operational research, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Golany, B., Seiford, L., & Stutz, J. 1985. *Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions*. Journal of econometrics, 30(1), 91-107.
- Cheon, S., Dowall, D. E., & Song, D. W. 2009. *Typology of Long-Term Port Efficiency Improvement Paths: Malmquist Total Factor Productivity for World Container Ports*. Journal of Infrastructure Systems, 15(4), 340-350.
- Chudasama, K. M., & Pandya, K. 2008. *Measuring efficiency of Indian ports: An application of data envelopment analysis*. The ICFAI University Journal of Infrastructure, 6(2), 45-64.
- Cullinane, K. P., & Wang, T. F. 2006. *The efficiency of European container ports: a cross-sectional data envelopment analysis*. International Journal of Logistics: Research and Applications, 9(1), 19-31.
- Debreu, G. 1951. *The coefficient of resource utilization*. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 273-292.
- Dowd, T. J., & Leschine, T. M. 1990. *Container terminal productivity: a perspective*. Maritime Policy & Management, 17(2), 107-112.
- Farrell, M. J. 1957. *The measurement of productive efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 253-290.
- Golany, B., & Roll, Y. 1989. *An application procedure for DEA*. Omega, 17(3), 237-250.
- Heaver, T. D. 1983. *National-flag shipping: An appraisal of policy options from a Canadian perspective*. Maritime Policy & Management, 10(3), 199-206.
- Jondrow, J., Knox Lovell, C. A., Materov, I. S., & Schmidt, P. 1982. *On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model*. Journal of econometrics, 19(2), 233-238.
- Koopmans, T. C. 1951. *Analysis of production as an efficient combination of activities*. Activity analysis of production and allocation, 13, 33-37.
- Liu, F. H. F., & Wang, P. H. 2008. *DEA Malmquist productivity measure: Taiwanese semiconductor companies*. International Journal of Production Economics, 112(1), 367-379.
- Martinez-Budria, E., Diaz-Armas, R., Navarro-Ibanez, M., & Ravelo-Mesa, T. 1999. *A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis*. International Journal of Transport Economics=

Rivista Internazionale de Economia dei Trasporti, 26(2).

- Meeusen, W., & Van den Broeck, J. 1977. *Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error*. International economic review, 435-444.
- Notteboom, T., Coeck, C., & Van Den Broeck, J. 2000. *Measuring and explaining the relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models*. Maritime Economics & Logistics, 2(2), 83-106.
- Roll, Y., & Hayuth, Y. E. H. U. D. A. 1993. *Port performance comparison applying data envelopment analysis (DEA)*. Maritime Policy and Management, 20(2), 153-161.
- Roll, Y., Cook, W. D., & Golany, B. 1991. *Controlling factor weights in data envelopment analysis*. IIE transactions, 23(1), 2-9.
- Seiford, L. M., & Thrall, R. M. 1990. *Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis*. Journal of econometrics, 46(1), 7-38.
- Sun, D. B. 1988. *Evaluation of managerial performance in large commercial banks by data envelopment analysis*. Doctoral dissertation, University of Texas at Austin).
- Tongzon, J. 2001. *Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 35(2), 107-122.
- Wu, Y. C. J., & Goh, M. 2010. *Container port efficiency in emerging and more advanced markets*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 46(6), 1030-1042.

