

DEA를 활용한 국내 항만공사(PA)의 항만운영 효율성에 관한 연구*

정찬민*, 이돈성*, 모수원** 김창곤*

*순천대학교 물류학과,

**목포대학교 무역학과

e-mail : cmchug@ygpa.or.kr

A DEA Study on the operational efficiency of Port Authorities in Korea

Chan-Min Jung*, Don-Sung Lee*, Soo-Won Mo**, Chang-Gon Kim*

*Dept. of Logistics, Suncheon National University

**Dept. of International Trade, Mokpo National University

요약

본 연구는 항만이 글로벌 물류에서의 중요성이 강조되는 가운데 20년차를 맞이한 항만공사제도하에 설립된 국내 4개 항만공사의 최근 5년 동안의 시설현황과 실적 통계 자료를 토대로 항만운영 효율성 분석을 진행하였다. 자료포락분석(DEA)을 통해 기본적인 효율성을 분석하고, DEA-Window를 사용하여 3개구간별로 동태적 효율성을 분석하였다. 이를 위해 임직원수, 총자산, 하역능력, 선석길이를 투입변수로 설정하고, 물동량을 산출변수로 설정하였다. 분석결과 첫째, 항만공사 전체의 효율성은 0.850에서 0.959 수준으로 코로나19 영향을 받은 2020년을 제외하고 점진적으로 증가한 것으로 나타났다. 둘째, 항만별 효율성은 울산(0.969), 부산(0.946), 여수광양(0.941), 인천(0.692) 순으로 나타났다. 셋째, 항만별 효율성의 개선을 통태적으로 분석한 결과 인천이 가장 크게 향상되었으며, 나머지 3개 항만은 유사한 수준으로 향상되고 있는 것으로 분석되었다. 하지만, 효율성의 최대값과 최소값의 차이인 LDP가 울산(0.087), 여수광양(0.155), 부산(0.161), 인천(0.470)으로 나타나 인천의 효율성이 가장 안정적이지 못한 것으로 나타났다.

1. 서론

2020년 코로나19 이후 중국 항만 폐쇄, 미국 항만 섯다운, 세계적인 공급망 문제 발생 등으로 글로벌 물류에서의 항만의 중요성이 증가하고 있다. 이러한 항만의 물류문제 해소를 위한 신속한 대응과 해결 솔루션의 수립은 각국의 항만 관리제도에 따라 다양하게 나타난다. 이미 유럽, 미국, 아시아의 주요 항만은 항만공사(Port Authority) 제도를 운영하며 항만을 관리하고 있다. 국내에서도 2003년 항만공사법 제정을 통해 항만운영의 전문성과 효율성을 높이고 정부의 권한을 이양하여 항만운영의 경쟁력을 강화하고 있다.

현재 우리나라의 항만공사는 2003년 부산항만공사(Busan Port Authority, BPA)를 시작으로 2005년 인천항만공사(Incheon Port Authority, IPA), 2007년 울산항만공사(Ulsan Port Authority, UPA), 2011년 여수광양항만공사(Yeosu Gwangyang Port Authority, YGPA)가 순차적으로 설립되어 관할 항만시설을 관리, 운영 및 건설하는 기능을 수행하고 있다. 4개 항만공사가 관할하는 항만시설이 국내 31개 무

역항 중에서 차지하는 비율은 하역능력의 66%, 안벽시설의 56%를 차지할 정도로 항만공사의 항만운영 효율성 강화가 국내 항만 경쟁력의 핵심 요소라고 할 수 있다.

그동안 항만 자체의 경쟁력과 터미널의 효율성을 분석하거나, 항만공사의 경영성과에 대한 연구는 있었으나, 항만공사 제도 도입의 목적인 항만운영의 효율성을 측정하는 연구는 부족했던 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 항만공사 제도 도입이 20년이 되어가는 상황에서 현행 4개의 항만공사가 관할하고 있는 항만의 운영 효율성을 측정하여 각 항만공사별로 강점과 보완해야할 시사점을 제공함으로써 적절한 항만운영 정책방향을 수립하는데 기여하고자 한다.

본 연구는 실증분석을 위해 선행연구 조사, 항만공사별 기관 일반현황, 항만시설 및 물동량 실적자료를 기본 통계량으로 하여 유용한 효율성 평가기법인 자료포락분석(DEA)을 실시하였고, DEA-Window기법을 활용해 최근 5년간의 자료를 토대로 3개의 평가구간을 설정하여 분석하였다. 이러한 동태적 분석을 통해 항만공사 관할 항만 전체의 효율성 변화 추이, 항만별 효율성의 개선도 및 안정성 등의 결과를 도출하였는데 이는 항만공사별 운영분야별 효율성의 추이를 비교·분석하여 항만공사의 효율성 제고를 위한

* 이 논문은 해양수산부 제4차 해운항만물류 전문인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임

시사점을 제공해 줄 것이며, 정부와 항만당국의 항만물류정책에 참고할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 항만공사제도와 선행연구 고찰

2.1 항만공사제도 및 현황

우리나라의 항만공사제도는 1997년 외환위기 이후 민영화 분권화의 영향으로 도입 논의되기 시작했으며, 1999년 국제항만협회(IAPH)의 조사결과 188개 항만 중 71%가 항만공사나 공공기관에서 담당하고 있는 상황에서 2003년 항만공사법이 제정되어 본격적으로 국내에 시행되었다. 해외의 경우에는 미국의 주(州), 시(市), 항만공사, 민간 등이 다양하게 소유 및 운영하고 있으며, 영국은 대처정부의 신자유주의 노선에 따라 대부분이 민영 항만으로 운영되고 있다. 일본은 지방자치단체의 항만국으로 운영되고 있어 항만공사제도가 도입이 거의 전무하고, 싱가포르와 로테르담 등에서는 독립채산이 보장된 정부 또는 지자체 산하의 영리법인으로 운영되어 전문성과 공공성을 확보하고 있다.

국내 항만관리제도는 일본과 마찬가지로 국가 직영체제로 운영되어 오다가 싱가포르와 로테르담의 모델로 항만공사제도를 도입하였다. 방희석/권오경[1]은 항만공사제도의 가장 큰 특징은 공공성, 상업성, 독립채산제, 네트워크 등 4가지라고 분석했다. 공공성은 사회간접자본(SOC)을 관리운영하는 공공성을 가진 특수법인임을 의미하며, 상업성은 민간기업의 경영시스템과 자율적인 재원조달과 마케팅을 수행함을 의미한다. 독립채산제는 독자적인 재정수입과 기업회계결산을 시행한다는 의미이며, 네트워크는 해운, 항만, 물류 분야의 전문가로 구성된 위원회가 최고 의사결정을 하는 조직임을 의미한다.

이러한 배경과 특징을 가지고 국내 4개 항만공사도 순차적으로 설립되었으며, 현재 항만공사의 일반현황은 [표 1]과 같이 정리할 수 있다.

[표 1] 국내 항만공사의 현황('22년말기준)

구분	부산항만공사	인천항만공사	울산항만공사	여수광양항만공사
설립일	2004.1.16.	2005.7.11.	2007.7.5.	2011.8.19.
임직원수	284명	289명	128명	177명
총자산	72,333억원	34,413억원	8,904억원	18,079억원
매출액	5,855억원	1,710억원	1,020억원	1,541억원

자료: 공공기관 경영정보공개시스템(www.alio.go.kr)

2.2 선행연구사례

항만과 항만공사의 효율성을 분석하기 위한 연구는 다양하게 진행되어 왔다. 우양호(2012)는 여수광양항만공사를 제외한 부산, 인천, 울산, 경기평택의 운영성과와 요인을 분석한 바 있다.[2] 이충배·권아림(2014)은 변이할당기법과 DEA를 활용하여 동북아 항만을 대상으로 항만간 물동량 성장과 효율성을 비교 분석하였다.[3] 강석규(2020)는 임직원 수, 총자산, 자기자본을 투입변수로, 매출액, 영업이익, 순이익을 산출변수로 선정하여 4개 항만공사의 효율성을 분석하였다.[4] 류희영·안영균(2021)은 DEA를 사용하여 선석연장, 전면수심, 터미널면적, 크레인 수를 입력변수로, 적컨테이너, 공컨테이너, 수출톤수, 수입톤수를 출력변수로 선정하여 국내 31개 무역항을 분석하였다.[5] 장광닝(2021)은 선석 수, 항만소재지역 GRDP, 안벽길이를 투입변수로, 컨테이너 처리량을 산출변수로 하여 DEA분석을 실시하고 동아시아 컨테이너 항만 경쟁력을 비교분석하였다.[6]

또한, DEA-Window분석을 통한 동태적 효율성 분석도 다양하게 연구가 수행되었다. 이성희·김태수·이학연(2015)은 DEA-Window기법을 통해 정부출연 20개 연구기관의 효율성 분석을 위해, 연구비와 연구원을 투입 변수로, 특허, 논문, 기술이전, 유상기술이전, 기술료를 산출 변수로 선정하였다[7]. 이수현·김재운(2018)은 우리나라 50대 해운항공기업을 대상으로 자본과 직원 수를 투입 변수로, 매출액과 영업이익을 산출 변수로 선정하여 운영 효율성을 분석하였다. [8]. 김수영·윤문길(2019)은 저비용항공사(LCC)를 대상으로 매출원가, 국제선공급량(ASK)·판매관리비, 국제선수송량(RPK)를 투입변수로, 국제선공급량(ASK), 국제선수송량(RPK), 영업이익을 산출변수로 각각 3단계로 선정하여 운영 효율성을 측정하였다.[9] 이재영·임춘성·반승현(2020)은 자산, 종업원 수, 비용을 투입 변수로, 영업이익과 매출을 산출 변수로 선정하여 국내 온라인게임업체 25개의 정태적, 동태적 효율성을 분석하였다.[10] 주요 선행 연구를 정리하면 [표 2]와 같다.

[표 2] DEA, DEA-Window 분석을 사용한 선행연구

연구자	투입변수	산출변수
이충배·권아림(2014)	면적, 크레인수, 선석 수, 선석길이, 평균수심	컨테이너물동량
강석규(2020)	임직원 수, 총자산, 자기자본	매출액, 영업이익, 순이익
류희영·안영균(2021)	선석연장, 전면수심, 터미널면적, 크레인 수	적컨테이너, 공컨테이너, 수출톤수, 수입톤수
장광닝(2021)	선석 수, 항만소재지역 GRDP, 안벽길이	컨테이너처리량
이성희·김태수·이학연(2015)	연구비와 연구원	특허, 논문, 기술이전, 유상기술이전, 기술료
이수현·김재운(2018)	자본과 직원 수	매출액과 영업이익
김수영·윤문길	매출원가, ASK·판매관리비,	국제선공급량,

(2019)	국제선수송량(RPK)	국제선수송량, 영업이익
이재영·임춘성·반승현(2020)	자산, 종업원 수, 비용	영업이익과 매출

3. 연구방법

3.1 DEA 및 DEA-Window 모형

자료포락분석(DEA, Data Envelop Analysis)은 평가대상을 의사결정단위(DMU, Decision Making Unit)로 하여 각 DMU별로 투입변수와 산출변수의 가중합계 비율로 효율성을 측정하고 이를 다른 DMU의 효율성과 비교하여 효율성을 상대적으로 비교, 분석하는 기법이다. 가장 널리 사용되는 방법은 CCR모형(Charnes 외, 1978)과 BCC모형(Banker 외, 1984)이다. 두 모형은 같은 시기의 다수 DMU의 효율성을 상대적으로 측정하는 정태적 분석 기법이라 할 수 있다.

DEA모형은 DMU의 상대적 효율성을 특정시점에 측정하므로, DMU의 효율성이 최근 몇 년간 어떤 식으로 변화하는지 동태적으로 파악하기 어렵다는 문제가 있다.(Thompson 외, 1992). 국내 4개 항만공사가 운영되고 있어 DMU의 숫자가 적고 최근 5년간의 투입변수와 산출변수의 데이터를 확보한 본 연구의 특성을 고려하여 시계열적 효율성 변화의 흐름을 파악할 수 있는 것이 Window모형이다. Window모형은 DMU의 효율성 변동 추세나 효율성 변화의 안정성을 비교하기 위한 분석 방법이다(이재설 외, 2009). Window모형은 효율성 변동의 대상이 되는 기간을 설정하고, 기간별 DMU를 구분하여 서로 다른 DMU로 간주하여 분석하는 방법이다. Window모형은 DEA모형과 비교하여 DMU별 효율성 변화와 변동의 안정성 비교가 가능하고, DMU의 수가 변수의 수에 비해 적을 때 사용할 수 있으며, DMU의 특정시기별로 효율성의 변화 추세를 분석 가능하다는 장점이 있다.(이형석과 김기석, 2006) 따라서 본 연구에서는 DEA-Window모형을 이용하여 4개 항만공사의 동태적 분석만을 분석하고자 한다.

4. 실증분석

4.1 변수의 선정 및 분석 설계

본 연구의 투입변수와 산출변수는 [표 2]의 선행연구에서 항만 운영분야에서 핵심적으로 사용된 변수들로 선정하였다. 이에 따라 임직원 수, 선석길이, 하역능력을 투입변수로 선정하였고, 물동량과 매출액 중에서 물동량만을 산출변수로 설정하였다. 각 항만공사의 자료는 공공기관 경영정보 공개시

스템 알리오(www.alio.go.kr), 해양수산부 및 각 항만공사 홈페이지에 게시된 항만시설 및 물동량의 통계자료를 활용하였다. 연구를 위한 기초통계량은 [표 3]과 같다.

[표 3] 분석자료의 기초 통계량

연도		투입변수			산출변수
		임직원수 (명)	하역능력 (천톤)	선석길이 (m)	물동량 (천톤)
2022	평균	220	212,123	26,531	260,482
	표준편차	69	125,674	4,293	104,550
2021	평균	214	212,088	26,509	270,115
	표준편차	67	125,675	4,261	112,141
2020	평균	205	211,848	26,223	256,534
	표준편차	65	125,677	4,225	99,824
2019	평균	196	191,494	25,795	284,908
	표준편차	64	102,556	3,713	119,938
2018	평균	188	190,715	25,516	282,814
	표준편차	58	102,955	3,774	115,043

본 연구는 항만공사의 효율성 변화를 동태적으로 분석하기 위해서는 적절한 윈도우 폭과 수를 확정해야 한다. 윈도우 폭이 너무 좁으면 충분한 DMU가 부족하여 정태적 분석의 결과와 큰 차이가 없게 된다. 반면, 폭이 넓으면 각 윈도우의 분석기간이 길어져 추세를 정확히 도출하기 어렵다. 본 연구에서는 선행연구에서 시행된 윈도우 폭과 수를 결정방식을 활용하였으며, 분석기간은 5개년, 윈도우 폭은 3개년, 윈도우 수는 3개로 설정했다. 따라서 각 DMU별로 3개의 행과 3개의 열에 효율성 값을 도출하였다. 이러한 기법을 통해 윈도우별 효율성 결과치가 산출하고, 종단적인 열에 나타난 수치를 통해 추세와 행태를 파악하여 변화의 안정성을 평가하였다. 또한, 횡단적인 행에 나타난 결과치를 토대로 효율성이 개선 여부를 판단하였다.

4.2 분석결과

DEA-Window모형을 활용한 국내 4개 항만공사의 효율성 변화의 동태적 분석 결과는 [표 4]와 같다.

[표 4] 분석자료의 기초 통계량

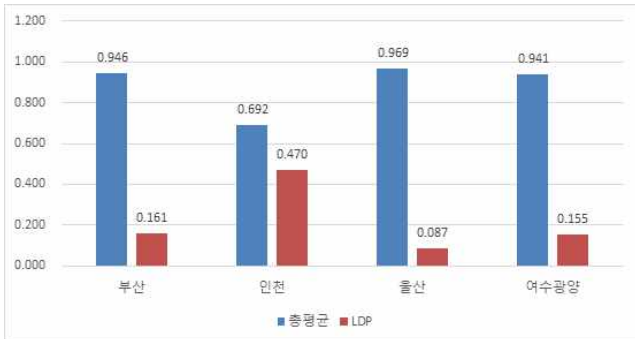
DMU	2018	2019	2020	2021	2022	창평균	총평균	LDP
부산항만공사	W1	1.000	1.000	0.839			0.946	0.946 0.161
	W2		1.000	0.839	0.904		0.914	
	W3			0.976	1.000	0.959	0.978	
	평균	1.000	1.000	0.885	0.952	0.959	0.946	
인천항만공사	W1	0.581	0.558	0.529			0.556	0.692 0.470
	W2		0.559	0.530	0.540		0.543	
	W3			0.976	1.000	0.959	0.978	
	평균	0.581	0.559	0.678	0.770	0.959	0.692	
울산항만공사	W1	1.000	0.998	0.922			0.973	0.969 0.087
	W2		1.000	0.924	0.913		0.946	
	W3			1.000	0.959	1.000	0.986	

	평균	1.000	0.999	0.949	0.936	1.000	0.969		
여수	W1	0.998	1.000	0.845			0.948	0.941	0.155
	W2		1.000	0.846	0.889		0.912		
광양	W3			0.971	1.000	0.919	0.963		
항만공사	평균	0.998	1.000	0.887	0.945	0.919	0.941		
평균(년)		0.895	0.889	0.850	0.901	0.959	0.887	0.887	0.218

[표 4]에서 W1, W2, W3은 윈도우 폭을 의미한다. 총평균은 각 윈도우별로 평균값의 평균을 의미한다. LDP(Largest Difference between scores across the entire Period)는 분석기간(2018-2022) 측정된 효율성 결과치의 최대값과 최소값의 차이를 의미하며, 효율성의 안정성 지표로 사용한다. 이러한 값을 토대로 각 항만공사의 효율성의 변화를 동태적으로 분석하기 위한 3개 관찰대상기간(윈도우)별 항만공사의 효율성 값을 [표 5] 및 [그림 1]과 같이 도출하였다.

[표 5] 윈도우별 항만공사 효율성

구분	window1 (2018-20)	window2 (2019-21)	window3 (2020-22)	총평균	LDP
부산	0.946	0.914	0.978	0.946	0.161
인천	0.556	0.543	0.978	0.692	0.470
울산	0.973	0.946	0.986	0.969	0.087
여수광양	0.948	0.912	0.963	0.941	0.155
평균	0.856	0.829	0.976	0.887	0.218



[그림 1] 항만공사의 총평균 및 LDP

본 연구의 분석결과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 항만공사의 연도별 효율성은 2018년 0.895에서 2022년 0.959 수준으로 코로나19 영향에 따라 물동량에 감소가 발생하여 직접적 타격을 받은 2020년(0.850)을 제외하고 점진적으로 증가한 것으로 나타났다. 이는 항만공사의 운영 효율성이 점차 높아가는 것을 알 수 있다. 둘째, 항만별 효율성은 울산(0.969), 부산(0.946), 여수광양(0.941), 인천(0.692) 순으로 나타났다. 이는 인천항의 임직원 수가 관할하는 항만시설에 비해 많은 데서 기인한 것으로 2022년에서야 다른 항만과 비슷한 수준으로 효율성이 나타났다. 셋째, 항만별 효율성의 개선을 동태적으로 분석한 결과 인천이 가장 크게 향상된 것으로 분석되었으며, 나머지 3개 항만은 유사한 수준으로 점진적으로 향상되고 있는 것으로 분석되었다.

하지만, 효율성의 최대값과 최소값의 차이인 LDP가 울산(0.087), 여수광양(0.155), 부산(0.161), 인천(0.470)으로 나타나 인천의 경우에는 효율성의 대폭 개선과 함께 효율성이 가장 안정적이지 못한 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구는 국내 4개 항만공사를 대상으로 DEA 및 DEA-Window기법을 이용하여 2018년에서 2022년까지의 효율성을 분석하였다. 투입변수는 임직원수, 선석길이, 하역능력을 선정하고, 산출변수는 물동량으로 선정하였다.

분석 결과 첫째, 항만공사의 연도별 효율성은 2018년 0.895에서 2022년 0.959로 효율성이 개선되고 있는 것으로 나타났다. 둘째, 항만별 효율성은 울산, 부산, 여수광양, 인천 순으로 나타났다. 셋째, 동태적 효율성의 개선은 인천이 가장 향상된 것으로 나타났다. 하지만, LDP 또한 인천이 가장 높게 나타나 안정성은 낮은 것으로 분석되었다.

본 연구는 국내 항만공사의 운영분야의 관리당국과 이해관계자들에게 정책적 시사점을 제공하는 자료로 활용될 수 있다. 하지만, 투입변수와 산출변수를 선정하기 위한 방법이 통계적으로 분석되지 않은 문제가 있다. 또한, 항만공사의 수가 4개로 제한적이어서 투입 및 산출변수의 수가 충분하지 않아 미시적인 효율성을 나타내기에는 한계가 있다.

그럼에도 본 연구의 결과는 항만공사별 항만운영 효율성 분석과 비교를 통해 정부나 항만공사의 항만정책에 유용한 정보를 제공할 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] 김수영, 윤문길, “Network DEA 모형과 DEA-window 분석을 이용한 저비용항공사 효율성 분석,” 한국항공경영학회지, 제17권, 제2호, pp.117-132, 2019년

[2] 이수현, 김재윤, “DEA모형을 활용한 국내 해운항공기업의 정태적·동태적 효율성 분석,” 한국생산성관리학회지, 제29권, 제4호, pp.397-417, 2018년

Banker, R.D., A. Charnes, and W. W. Cooper (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 30(9), 1078-1092.

Cooper, W. W., L. M. Seiford, and K. Tone., (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers.