

제주도 항만 효율성 분석: 국내 무역항 및 연안항과 비교

(Effectiveness Analysis of Jeju-do port : Comparison with Trade Port and Coastal Port)

오 진 호* · 김 정 은** · 우 수 한***

< 목 차 >

- | | |
|-------------------|-------------------|
| I. 서론 | IV. 제주도 항만 효율성 분석 |
| II. 제주도의 항만 산업 현황 | V. 결론 |
| III. 이론적 배경 | 〈참고문헌〉 |

< 국문 초록 >

항만이 얼마나 효율적으로 운영되고 있으며, 효과적인 운영을 위한 개선방안이 무엇일지에 대한 고민이 제주도의 발전을 위함에 있어서 무엇보다도 중요하다. 본 논문은 위와 같은 현황과 인식을 토대로 연구를 진행하였다. 제주도 내 무역항 및 연안항 간항만의 효율성 정도를 국내 각 항만들과의 비교를 통하여 분석하였다. 분석결과 제주도 내 무역항

* 주저자, 중앙대학교 무역물류학과 국제물류전공(jamiroquai25@naver.com)

** 공동저자, 중앙대학교 무역물류학과 국제물류전공

*** 교신저자, 중앙대학교 국제물류학과 교수

들은 전반적으로 비효율적으로 운영되고 있는 것으로 나타났다. 그리고 연안항은 애월항과 화순항이 효율적으로 운영되고 있는 것으로 나타났으며, 한림항과 화순항은 비효율적으로 운영되고 있는 것으로 나타났다. 현재 제주도로 유입되는 화물들은 전반적으로 비규격 컨테이너를 통하여 유입되고 있으며, 이로 인하여 규모의 화물을 처리하기가 어려울뿐만 아니라 항만 시설의 현대화가 이루어지지 않으면서 비효율적인 하역활동이 이루어지고 있다. 본 분석에서도 위와 같은 원인이 반영된 것으로 해석될 수 있다. 향후 항만의 시설 및 운영방안 개편 시 반영되어야 될 사안중의 하나이다. 제주도에서 항만이 지니는 가치는 제주도 산업 전체의 성장 동력이자 제주도민의 생활을 영위하게 만들어주는 중요한 수단으로서 제주도 항만의 발전을 위하여 항만의 효율적인 운영을 위한 개선방안 마련이 필요하다.

핵심어 : 제주도 항만, 무역항, 연안항, 효율성분석, DEA분석

I. 서 론

항만은 교통의 결절점으로서 화물, 여객 및 선박에 대하여 서비스를 제공하는 경제적 사회적 활동을 영위를 가능케 한다. 항만의 개념에는 경제활동이 이루어지는 장소뿐만 아니라 도시생활 및 주민의 복지증진을 위한 장소의 성격이 포함되며(정봉민, 2003), 대표적인 사회간접자본시설로 국가산업발전을 지원하고 물류의 거점 역할을 수행하고 있다. 그리고 항만배후단지를 중심으로 부가가치 물류활동을 수행하고, 도시공간의 일부로서 상업 및 업무공간의 일부로 자리잡아 가고 있다(백종실, 2014). 우리나라는 전국 항만기본계획을 수립하여 30개의 무역항과 29개의 연안항에 대한 사회간접자본으로써 효율을 극대화시키고 있다(홍종욱 외 1인, 2017). 국내의 물동량 대부분은 항만을 통해 각 지역으로 분배되는 구조를 가지고 있으며, 특히 제주도는 섬이라는 특성으로 인하여 항만이 가지는 의미가 대단히 크다. 제주도 항만은 내륙에서 들어오는 화물의 처리와 크루즈 선 등을 통한 관광객 유입을 위한 수단으로서 역할을 하고 있다. 사람의 이동수단으

로서의 기능은 항만과 공항이 분배하여 그 기능을 수행하고 있으나, 화물의 유입을 위한 기능은 항공기의 제한적인 적재능력으로 인하여 대부분 항만에서 대부분의 물류 활동이 이루어지고 있다. 제주도의 항만이 도내 산업 및 도민들에게 미치는 영향력은 산업 및 생활의 영위성과 관련되어 있으므로 항만의 효율적 운영 여부에 따라 이에따른 파급력이 대단히 크다. 항만이 얼마나 효율적으로 운영되고 있으며, 효과적인 운영을 위한 개선방안이 무엇일지에 대한 고민이 제주도의 발전을 위함에 있어서 무엇보다도 중요하다.

본 논문은 위와같은 현황과 인식을 토대로 연구를 진행하였다. 제주도 내 항만의 효율성 정도를 국내 각 항만들과의 비교를 통하여 분석하였다. 우선 국내 무역항과 제주도 내 무역항, 제주항과 서귀포항 간의 비교를 통하여 거점 항만 별로 효율성 정도를 비교하였으며, 이를 통하여 제주항과 서귀포항이 국내 항만들 중 어느 수준에 위치해 있는지를 파악하고자 하였다. 그리고 도내 무역항의 효율적 운영을 위한 개선 대책 마련의 당위성과 함께 효과적인 운영을 위한 발전방안도 제시하고자 한다. 그리고 국내 논문에서 다루지 않았던 연안항의 효율적 운영의 여부에 관하여 분석을 실시하였다. 외항화물을 주로 취급하는 무역항과 달리 연안항은 주로 국내 항 간 화물 및 승객의 유입을 위한 목적으로 운영되고 있다. 그러나 연안항 또한 주변으로의 부가가치 창출 등 지역경제에 영향력을 끼칠 뿐만 아니라, 항만의 기능에 따라 항만이 지니는 의미가 매우 달라진다. 어항 중심의 기능으로서 생활 영위 활동을 위한 역할 뿐만 아니라 도서 지역의 연안항은 유일한 교통수단이자 물류 수단으로서 지역에서 항만이 지니는 가치는 대단히 크다. 그러므로 연안항 간 효율성 분석을 통하여 국내 연안항의 운영 현황을 파악하고 제주도 연안항의 발전방안을 제시하고자 한다.

Ⅱ. 제주도의 항만 산업 현황

1. 제주도 항만 물동량 현황

제주도의 항만은 제주항과 서귀포항과 같은 무역항과 애월항, 한림항, 성산포항, 화순항 연안항으로 이루어져있다. 제주도의 대표적인 거점항으로서 제주항의 연간 물동량은 2014년 아래로 1천만톤을 넘어섰으며, 연평균 6%의 물동량 증가율을 기록하고 있다. 제주항은 제주도 항만 전체 물동량의 약70%를 처리하고 있으며, 위성 항만의 역할을 하는 애월항과 화순항의 물동량 증가와 함께 제주항의 물동량 점유율 또한 낮아지는 추세에 있다. 서귀포항은 최근 들어 연간 2십만 톤 이상 물동량이 증가하고 있으며, 연평균 10%의 물동량 증가율을 기록하고 있으나, 무역항 대비 비교적 낮은 화물 처리량을 보이고 있다. 제주도 항만 전체 물동량 점유율은 2016년 기준 6%로 소폭 상승하고 있는 추세이다. 애월항은 제주도 항만 중 2번째로 화물 처리량이 많은 항만이며 연평균 물동량 증가율 또한 19%로 빠르게 화물의 유입이 이루어지고 있다. 물동량 점유율은 제주항의 포화로인하여 제주항에 집중된 화물을 분산하여 처리함에 따라 2016년 기준 9%로 애월항의 점유율이 점차 늘어나고 있다. 한림항은 2015년 까지 제주항에 이어 2번째로 많은 화물을 처리하고 있었으나, 애월항의 화물 유입이 증가함에 따라, 2016년에는 3위로 밀려났으며, 연평균 물동량 증가율 또한 5%로 제주도 항만 중 가장 낮은 물동량 증가율을 기록하고 있다. 한림항의 물동량 점유율은 연간 7%-8%의 수치를 유지하고 있다. 성산포항은 제주도 동부지역의 대표항만으로서 제주도 항만 중 가장 낮은 물동량 처리량과 전체 물동량의 4% 점유율을 기록하고 있으나, 연평균 14%로 지속적으로 물동량이 증가하고 있다. 서귀포항과 인접해 있고 최근 들어 물동량이 급격하게 증가하고 있는 화순항은 2016년 1백만 톤이 넘는 물동량을 기록하였으며, 연평균 13%의 물동량 증가율을 기록하고 있다. 또한 물동량의 증가와 함께 제주도 전체 항만에서 차지하는 비중도 점차 늘어나고 있다.

〈표 II -1〉제주도 내 항만 물동량

(단위: 톤)

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	CAGR
제주항	8,235,018	8,472,110	8,954,885	10,503,346	11,204,630	11,188,636	6%
서귀포항	563,229	497,734	507,492	578,136	702,859	920,853	10%
애월항	631,429	681,840	683,264	713,675	1,006,593	1,488,174	19%
한림항	930,944	978,748	1,030,834	1,127,544	1,176,888	1,205,460	5%
성산포항	392,321	397,194	509,915	587,148	703,661	749,143	14%
화순항	636,977	672,023	705,768	792,283	985,151	1,165,472	13%
합계	11,389,918	11,699,649	12,392,158	14,302,132	15,779,782	16,717,738	8%

출처: 제주도청 통계연보

〈표 II -2〉항만 별 점유율

구분	2011년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년
제주항	72%	73%	72%	73%	71%	67%
서귀포항	5%	4%	4%	4%	4%	6%
애월항	6%	6%	6%	5%	6%	9%
한림항	8%	8%	8%	8%	8%	7%
성산포항	3%	3%	4%	4%	5%	4%
화순항	6%	6%	6%	6%	6%	7%
합계	100%	100%	100%	100%	100%	100%

2. 제주도 내 항만 시설 현황

제주도는 다른 국내 지역과 비교하여 인구 및 총생산 부가가치가 낮은만큼 물동량의 유입·유출도 낮은 편이며, 타 지역거점 항만에 비하여 시설 규모 또한 협소한 편이다. 〈표 II -3〉에서는 국내 대표적인 거점항만인 인천·부산항과 도내 항만들을 비교하였다. 항만의 역사와 물동량 수준, 국가 중요도 측면에서 차이가 있으나, 국내 주요 항만과 도내 항만들을 비교하였을 때는 시설 면에서 많은 차이가 있는 것을 알 수 있다. 도내 항

만 중에서는 제주도의 대표적인 거점항만인 제주항이 안벽길이, 선석 수, 배후단지 면적 등에서 이외 항만들과 많은 차이를 나타내며, 물동량 대부분을 제주항에서 처리하고 있으므로, 제주항으로의 인프라 개발 역량이 쏠린 것으로 나타난다. 그 외 항만들은 지정학적 위치 및 연안항으로서의 제한적인 역할로 인하여 인프라 시설이 제주항과 비교하여 많지 않은 것으로 나타난다.

〈표 II-3〉 제주도 내 항만 시설 현황

(단위: m, 개)

구분	인천	부산	제주	서귀포	애월	한림	화순	성산포
안벽	24,769	31,085	3,518	1,480	494	600	380	690
방파제	2,423	6,416	4,255	1,831	740	2,248	1,095	2,144
잔교	21	6	—	1	—	—	—	—
물양장	1,443	9,034	1,055	880	438	1,140	320	1,080
선석 수	119	137	20	10	6	7	3	11
창고면적	115,569	56,879	6,971	880	—	941	—	2,153
창고수용능력	186,124	81,306	13,136	1,760	—	0	—	—
야적장 면적	4,138,666	2,609,977	114,098	7,800	14,821	38,948	5,352	8,342
야적장수용능력	10,925,160	18,171,727	203,950	14,040	29,642	60,070	10,704	15,016

주: 2016년 기준

출처: 제주도청 통계연보

3. 시사점

제주도의 물류 활동 대부분은 항만을 통해서 이루어진다. 그러므로 항만이 가지는 중요성은 다른 지역들보다 대단히 클 수밖에 없다. 제주도의 항만물류는 대부분 지역거점 항만인 제주항에서 이루어지므로, 인프라시설이나 물동량과 같은 수치적인 측면에서 도 내 다른 항만들 보다 차이가 날 수 밖에 없는 구조를 가지고 있다. 그러나 인프라 시설 대비 물동량과 같은 효율성 면에서는 어떤 항만이 효과적으로 운영되고 있는지 확실하게

단언할 수 없다. 국내 항만과의 비교를 통하여 제주도 항만들이 효율적으로 운영되고 있는지에 대하여 살펴보고 효과적으로 운영되고 있는 항만에 대한 벤치마킹 및 운영방안에 대한 개선점 도출을 통하여 제주도 항만 전체의 발전방안을 모색하는 것이 필요하다.

Ⅲ. 이론적 배경

1. 제주도 항만 및 특성에 관한 연구

제주도 물류와 관련된 연구로는 항만과 밀접하게 연관이 된 연구가 대부분이다. 제주도 항만을 다루고 있는 연구로 항만의 시설물 설계 및 효과를 측정하는 연구(정태욱 외 2인, 2000; 한태영 외 1인, 2007; 김민수 외 3인, 2014)와 항만특성에 관한 연구(금종수 외 2인, 2000; 양정철 외 1인, 2017), 항만 활성화를 위한 현황 분석(박태원, 2003; 한여남 외 3인, 2005), 항만 실적을 활용한 정량적 분석(김안호 외 1인, 2005; 모수원 외 1인, 2013; 오진호, 2016)이 이루어지고 있다. 항만의 시설물 설계 및 효과 측정의 연구는 제주도 항만의 부두 및 방파제등의 인프라 시설 건설과 개발 시 작업공정에 대한 효과검증과 기법에 대한 제시로 항만 개발 시의 효과적인 작업 방식과 검증을 통하여 향후 항만의 시설 공정 시 참고 및 다양한 공정 기법에 대한 선택 사항을 제시하는 데 의의를 두고 있다. 항만 특성을 다룬 연구에서는 항만의 인프라 시설 및 실적치를 활용하여 성격을 도출하거나, 도출된 자료를 바탕으로 국내 항만 간 군집화를 통하여 국내 항만 혹은 제주도 항만의 특징 및 발전방안에 대하여 제시 하였다. 항만 활성화를 위한 현황 분석으로는 제주도 항만 및 물류시설 현황과 다른 지역들과의 비교 분석을 통하여 문제점을 분석하고 제주도 물류의 발전 방향을 제시하는데 의의를 두고 있다. 항만의 지난 실적치를 활용하여 정량적 분석을 실시한 연구에서는 항만의 효율성과 함께 물동량에 관한 분석을 중점적으로 다루고 있다. 국내 항만의 효율성 분석을 통하여 제주도 항만의 효과적 운영의 정도를 측정하였으며, 이에 따른 영향을 다루는 연구가 진행되었으며, 제

주도 내 과거 항만 물동량 데이터를 활용하여, 미래의 물동량을 예측하는 연구가 진행되었다.

〈표 Ⅲ-1〉 제주도 항만 및 특성에 관한 연구

연구자	연도	연구 제목	연구 내용
정태욱 외 2인	2000	제주해역 항만시설물의 수리환경적 특성에 관한 연구	작업공정 방안 및 항만개발 시 항만가동률을 극대화 할 수 있는 최적안 제시
금종수 외 2인	2000	FCM법에 의한 항만의 분류 및 그 특성 분석에 관한 연구	조건 및 성격이 유사한 항만들을 군집으로 분류하여 각 항만군의 특성 파악
박태원	2003	제주도 애월항의 활성화 방안	애월항의 현황과 문제점을 분석하고 활성화 방안 제시
한여남 외 3인	2005	제주도 물류현황과 특징	전국의 인프라 시설과 현 제주도의 시설들과 비교 · 분석
김안호 외 1인	2005	국내 무역항만의 효율성 변화분석:맴퀴스트접근	국내의 26개의 무역항만에 대한 효율성 분석
한태영 외 1인	2007	제주외항 2단계 항만시설 설계	제주 외항의 2단계 항만시설 사업으로 설계안 제시
모수원 외 1인	2013	항만물동량과 산업생산의 인과성 검정	지역에서 항만물동량과 산업생산의 인과관계 분석
김민수 외 3인	2014	제주 민·군 복합항 관광미항 외곽 방파제 건설공사	제주 민·군 복합항 외곽 방파제 건설공사 진행 상황 및 기법 제시
오진호	2016	제주도 항만 물동량 예측 :주요 품목을 대상으로	제주도 내 무역항만 물동량 예측
양정철 외1인	2017	다목적 가변 모형을 통한 제주지역 크루즈항구의 모항여건	계량적 평가를 통해 제주도가 크루즈 모항의 역할을 할 수 있는지 검토

2. 항만 효율성 분석에 관한 연구

항만 효율성 분석과 관련된 연구들은 국내 항만뿐만 아니라 컨테이너 터미널 등 범위를 두지 않고 활발히 진행되어 왔다. 글로벌 항만 간 효율성 분석(Tongzon, J., 2001;

하명신, 2009; 손용정, 2010)에 관한 연구와 동북아시아에 위치한 항만 효율성 분석(김형기 외 2인, 2005; 권신혜, 2007; 이장원, 2008; 박노경, 2016), 국내 항만 간 효율성 분석(나호수 외 2인, 2008; 모수원 외 1인, 2010), 유럽지역 항만 터미널 효율성 분석(Notteboom 외 2인, 2000)으로 다양한 항만들의 성과 측정을 실시하였다. 항만의 효율성 분석을 위하여는 대부분의 연구에서 DEA를 주로 사용하였다. DEA 분석은 투입변수 대비 산출변수의 성과를 통해 효율성을 측정하는 방법으로서 투입 변수와 산출변수의 선정에 따라 결과 값이 다르게 나타난다. 그러므로 변수의 선정은 객관적인 항만 간 의 비교를 위하여 대단히 중요하다. 항만 효율성 분석과 관련된 선행연구들은 공통적으로 항만의 시설 대비 화물물동량을 얼마만큼 산출하였는지 기준을 삼고 성과 측정을 실시하였다. 많은 연구에서 사용하는 투입변수들은 안벽길이, 선석 수, CY 면적 크레인 수, 수심 등 공통적인 변수들이 사용되었으며, 산출변수로는 화물물동량 변수를 단독으로 사용하거나, 선박작업률이나 성장률, 직기항 선사수를 활용하여 선박의 효율성을 측정하고 있다.

<표 III-2> 항만 효율성 분석에 관한 연구

연구자	분석대상	투입변수	산출변수
Notteboom 외 2인(2000)	유럽항만의 26개 터미널	안벽길이, 터미널면적, 크레인수	컨테이너 처리량
Tongzon, J.(2001)	세계 주요 16개 항만	선석 수, 크레인 수, 예인선 수, CY면적, 대기시간, 인원 수	컨테이너처리량, 선박작업률
김형기 외 2인(2005)	중국 연해 지역 10대 항만	선석 수, 선석길이, 수심, 크레인 수, 총면적	총 처리물동량
권신혜(2007)	동북아시아 22개 항만	선석수, 선석길이, 수심, 부두 총면적	총 처리물동량
나호수 외 2인(2008)	국내 5대 항만 (부산, 광양, 인천, 울산, 포항)	하역능력, CY면적, 부두안벽길이, 접안능력	외항화물 물동량, 내항화물 물동량
이장원 외 2인(2008)	한중일 주요 16개 항만	선석 수, 선석길이, 수심, 크레인 수, 총면적	총 처리물동량
하명신(2009)	세계 주요 35개 항만	선석수, 수심, 부두면적, C/C 수	총 처리물동량, 처리물동량 기준 성장률

손용정(2010)	20개의 세계 주요 컨테이너 항만	선석수, 수심, 총면적, 크레인수	화물처리량
모수원 외 1인(2010)	부산항과 광양항의 13개 터미널	컨테이너야드, 크레인	컨테이너 물동량
박노경(2016)	동북아시아 24개 항만	겐트리크레인, 선석수, 총선석길이, 터미널면적, 평균수심	컨테이너화물처리량, 직기항선사수

3. 기존 연구와의 차별성

제주도 항만과 관련된 연구는 섬이라는 지정학적 위치로 인한 중요성에도 불구하고 산업기반 시설에 대한 표본 제시나 국내 항만들과의 비교 시 연구결과를 도출하는데 있어서 낮은 비중을 차지하고 있다. 그리고 제주도의 항만 산업은 제주항을 중심으로 이루어지지만 제주항의 화물 점유율이 시간이 지날수록 점차 감소함에 따라 연안항을 제외하고 제주도 항만·물류를 논하는 것은 더 이상 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 무역항과의 효율성 비교 분석 구조는 그대로 활용하지만 제주도 관점의 연구결과를 도출하고 특히 기존 연구에서 다루지 않고 있는 연안항 간 효율성 분석을 통하여 제주도의 연안항 뿐만 아니라 국내 연안항들의 효율성을 측정하고자 한다. 효율성 분석을 위한 활용변수로 무역항 간 분석에서는 기존 논문에서 공통적으로 사용하고 있는 투입·산출 변수를 활용하여 일반적인 효율성 분석을 실시하고자 한다. 그러나 연안항 간의 효율성 분석을 위해서 무역항에서 활용된 변수의 사용은 무역항 대비 열악한 항만 인프라 시설로 인하여 사용이 어렵다. 그러므로 연안항에서 실제 물류활동이 일어나는 계류시설인 물양장(김정봉 외 3인, 2006)을 활용하여 연안항 간 효율성 분석을 실시하였다.

IV. 제주도 항만 효율성 분석

1. 연구 방법

가. DEA 분석 방법

일반적으로 효율성이라 함은 다음과 같이 하나의 투입요소와 산출요소를 이용하여 표현할 수 있으나, 각기 다른 다수의 투입요소와 산출요소에 대한 효율성을 설명하기엔 부적합하다. 따라서 상대적인 효율성은 산출요소의 가중치 합 대비 투입요소의 가중치 합으로 표현할 수 있다. 이러한 정의의 초기 가정은 모든 평가대상에 적용되는 가중치가 요구된다는 것이고 이는 평가대상 모두에게 적용 가능한 공통의 가중치를 구해야 한다. 그러나 각각의 요소에 대한 가중치는 조직마다 그 특성에 따라 달리하고 있으므로 하나의 공통된 가중치로는 모든 평가대상의 효율성 측정에 대하여 만족시킬 수 없다는 문제점이 있다. Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 이러한 문제점을 인식하고 각각의 DMU가 각기 다른 가중치를 가질 수 있는 선형계획식에 기반을 둔 식(1)과 같은 CCR 모형을 개발하였다. 식(1)을 선형계획모형(Liner Programming)의 형태로 변환하면 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Max \ h_o = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_o}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij_o}} \dots\dots\dots (1)$$

Subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_o}}{\sum_{i=1}^m u_i x_{ij_o}} \leq 1, \ j = 1, \dots, n$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_t \geq 0$$

$$Max \ h_o = \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_o} \dots\dots\dots (2)$$

Subject to

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

$$u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, t$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$$

이러한 모형의 기본이 된 CCR모형은 각 DMU의 규모수익이 불변이라는 가정 하에 효율성을 평가한다. 그러므로 이 모형은 규모의 효율성과 순수한 기술적 효율성을 구분하지 못한다는 단점을 지니고 있다. 이에 Banker, Charnes and Cooper(1984)는 규모의 효율성 정도를 파악할 수 있는 BCC모형의 효율성을 평가함에 있어, 규모의 수익 효과를 파악하고 이를 전반적 효율성에서 분리시켜 규모의 효율성을 제외한 순수한 기술적 효율성에 의해 효율적인 DMU들을 구분할 수 있도록 해준다. 식(3)의 BCC모형이 CCR모형 식(2)와 차별화 되

어지는 이유는 규모의 수익효과를 측정하는 변수 u_o 의 존재 때문이다. BCC모형에서는 식(3)에서와 같이 u_o 변수의 값을 이용하여 규모의 수익효과를 측정한다. 즉, u_o 의 최적해를 $\dot{u}_o$ 로 정의할 때 $\dot{u}_o < 0$ 이면 규모의 수익체증, $\dot{u}_o = 0$ 이면 규모의 수익불변, $\dot{u}_o > 0$ 이면 규모의 수익체감 효과를 나타낸다(하명신, 2009).

$$Max \ h_o = \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_o} - u_o \dots\dots\dots (3)$$

Subject to

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

$$u_r \geq 0, \quad r = 1, \dots, t,$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m$$

u_o *unrestricted(free) variable*

대부분의 연구는 DEA-CCR모델로부터 얻어지는 기술적인 효율성으로 점수를 분할하였다. 하나는 규모의 효율성이고 다른 하나는 순수한 기술적인 효율성이다. 이는 동일한 데이터에 따라서 DEA-CCR 모델 및 DEA-BCC 모델을 모두 수행하여 결과를 얻을 수 있다. 두 모델의 효율 점수 간 차이를 나타내는 DMU는 규모 비효율성을 갖는다는 것을 의미한다. 그리고 그 규모 비효율성은 규모의 효율성 (SE) = 기술적인 효율성 (TE)/ 순수한 기술적인 효율성 (PTE)으로 계산 할 수 있다(팜티쿰마이 외 2인, 2016). BCC>SE 일 경우 규모비효율의 원인인 DMU의 ‘규모’자체에 있다고 할 수 있으며, BCC<SE일 경우 규모비효율의 원인이 DMU의 ‘순수 기술’에 있다고 할 수 있다. 규모수익(RTS)은 투입요소 비율을 일정하게 유지하면서 규모를 증가시킬 때 생산량이 어떻게 변화하는 가를 설명하기 위한 개념이다. CRS(Constant Return to Scale:규모에 대한 수익불변)는 투입요소 증가에 비례하여 산출요소가 늘어나는 것이며, IRS(Increase Return to Scale: 규모에 대한 수익체증)는 투입요소 증가에 체증하여 산출요소가 늘어나는 것이며, DRS(Decrease Return to Scale: 규모에 대한 수익체감)는 투입요소 증가에 체감하여 산출요소가 줄어드는 것을 의미한다(동북아물류유통연구소, 2010).

2. 항만 효율성 비교 분석

가. 변수의 선정 및 분석방법

무역항 효율성 분석을 위한 변수로 기존 선행연구에서 사용되어온 안벽길이와 야적장 면적(CY면적), 선석수를 활용하였으며, 산출변수로는 물동량을 분석에 사용하였다. 기존 연도로는 2016년의 데이터를 바탕으로 최근 항만의 효율성을 측정하였다. 연안항 효율성 측정 변수로는 안벽길이, 선석수와 연안항의 특성에 맞추어 물양장을 추가적으로 변수로 사용하였다. 산출변수로는 물동량을 활용하여 연안항의 효율성을 측정하였다. 연안항 시설 현황과 달리 물동량 데이터는 2016년 항만기본계획에서 발표한 자료 외에 최근 연도의 물동량 수집에 어려움이 따랐다. 그리하여 최근 항만기본계획에 공표된 2015년도 연안항 물동량 자료와 해양수산부 해양수산통계시스템에서 공표하고 있는 2015년도 연안항 인프라 시설 현황 자료를 활용하여 분석을 실시하였다. 최근 연안항에서 큰 변화가 일어나지 않은 만큼 현재 연안항 효율성 측정 정도와 차이가 나지 않을 것이라 판단된다. 분석방법으로는 항만시설 등은 비유동자산의 성격을 가지고 있으므로, 경영진의 의사결정에 따라 쉽게 가변시킬 수 없는 요소이다. 그러므로 산출중심(Output-Oriented) 모형을 사용하여 항만 별로 효율성 분석을 실시하였다(동북아물류유통연구소, 2010).

〈표 IV-1〉 무역항 효율성 분석 변수

항만	투입변수			산출변수
	안벽(m)	야적장 면적(m)	선석 수	물동량(R/T)
경인	2,300	598,330	20	669,083
인천	24,769	4,138,666	119	161,304,161
평택·당진	14,109	2,217,043	63	112,948,322
대산	7,567	210,096	31	85,890,215
장항	330	41,535	2	574,336
군산	7,396	1,387,097.8	37	19,617,684
목포	5,149	568,423	27	23,547,935
완도	675	28,450	3	2,834,357
여수·광양	23,733	1,998,549	101	284,663,006

제주도 항만 효율성 분석: 국내 무역항 및 연안항과 비교

하동	502	223,000	3	12,516,729
삼천포	1,999	166,119	10	11,328,116
통영	1,678	7,000	8	196,657
고현	252	10,390	2	10,321,404
마산	5,694	666,167	26	15,267,260
진해	1,546	137,000	9	3,040,189
부산	31,085	2,609,977	137	362,369,364
울산	20,218	1,287,000	113	197,610,650
포항	11,722	1,406,915	50	62,303,458
삼척	776	10,000	7	7,070,419
동해·묵호	4,477	190,280	23	32,296,665
옥계	1,092	15,200	5	6,564,753
속초	1,187	41,000	8	17,003
제주	3,518	114,098	20	11,134,659
서귀포	1,480	7,800	10	920,853

출처: 해양수산부 해양수산통계시스템

〈표 IV-2〉 연안항 효율성 분석 변수

항만	투입변수			산출변수
	안벽(m)	물양장(m)	선석 수	물동량(톤)
용기포항	507	343	5	92,000
연평도항	140	185	1	3,000
대전항	240	1,292	4	10,9000
흑산도항	590	1,566	7	5,000
땅끝항	24	60	3	260,000
화흥포항	150	200	3	556,000
녹동신항	635	182	11	1,525,000
거문도항	285	665	7	9,000
나로도항	224	622	8	126,000
후포항	260	1,210	3	20,000
울릉항	687	211	8	124,000
애월항	494	438	6	1,428,000
한림항	600	1,140	7	826,000
화순항	380	320	3	904,000
성산포항	640	1,080	11	731,000

출처: 제3차 전국 항만기본계획 수정계획 (2016—2020)

나. 무역항 효율성 분석

무역항 효율성 분석에 사용되는 변수들의 기술통계량을 살펴보면 안벽은 평균 7,219m, 야적장 면적은 753,339m, 선석 수는 35개, 물동량은 59,375,303 운임톤으로 나타났다. 제주도 내 거점항만인 제주항과 무역항 평균을 비교하였을 때, 제주항은 평균보다 낮은 항만 인프라 시설을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 부산항, 인천항 등의 거대항만과 비교하는 것은 의미가 없을 수 있으나, 그 외 항만과 비교하였을 때, 제주항의 시설이나 물동량 창출면에서는 열악한 수준인 것을 알 수 있다. 무역항 중 최대의 안벽 길이는 31,085m로 부산항에 갖춰져있으며, 야적장 최대 면적은 4,138,666m로 인천항에 갖춰져 있다. 그리고 최대 선석수는 137개로 부산항에 갖춰져있으며, 최대 물동량은 362,369,364 운임톤으로 선석수와 동일하게 부산항에서 최대의 물동량을 창출하고 있다. 최소 안벽길이는 252m로 고현항, 최소 야적장면적은 7,000m로 통영항에 갖춰져있다. 그리고 최소 선석 수는 2개로 장항 및 고현항에 갖춰져 있으며, 최소 물동량은 17,003 운임톤으로 속초항에서 창출되는 물동량이다.

〈표 IV-3〉 무역항 변수 기술통계량

구분	안벽(m)	야적장 면적(m)	선석 수	물동량(R/T)
평균	7,219	753,339	35	59,375,303
표준편차	8,997	1,065,435	41	97,726,899
최대값	31,085	4,138,666	137	362,369,364
최소값	252	7,000	2	17,003

국내 무역항 간 효율성 분석결과 규모에 대한 수익불변을 가정한 CCR 모형에서는 고현항이 가장 효율적으로 운영되고 있는 항만으로 분석되었으며, 제주항은 0.1078793, 서귀포항은 0.1188427으로 전체 항만과 비교하였을 때 비효율적인 항만으로 분석되었다. 규모에 대한 수익가변을 가정한 BCC 모형에서는 대산항과 여수·광양항, 부산항이 가장 효율적으로 운영된 항만으로 분석되었으며, 제주항은 0.2507563, 서귀포항은 0.9997027로 제주항의 효율성은 소폭, 서귀포항의 효율성은 대폭 증가하여 서귀포항은 전반적으로

효율적으로 운영되고 있다고 분석되었다. 규모의 효율성(SE) 분석 결과 제주항은 0.430216으로 BCC 모형의 값보다 크므로 비효율성의 원인이 적정수준의 산출이나 투입이 이루어지지 않기 때문에 발생하는 것으로 분석된다. 그리고 서귀포항의 규모의 효율성 값은 0.118878로서 BCC보다 적으므로 규모의 부적절로 인하여 비효율성이 나타나고 있는 것으로 분석된다. 규모수익(RTS)은 제주항은 DRS로 투입요소에 증감함에 따라 산출요소가 줄어드는 것으로 나타났으며, 서귀포항은 IRS로 투입요소 증가에 체증하여 산출요소 또한 증가하는 것으로 나타났다.

<표 IV-4> 무역항 효율성 분석

항만	CCR-O	BCC-O	SE	RTS
경인	0.0071025	0.0195357	0.363568	DRS
인천	0.2626575	0.54566	0.481357	DRS
평택·당진	0.3474005	0.6558357	0.529707	DRS
대산	0.536875	1	0.536875	DRS
장항	0.0556451	0.0556451	1	CRS
군산	0.1027394	0.2091689	0.491179	DRS
목포	0.1689975	0.3486735	0.484687	DRS
완도	0.1830731	0.2169063	0.844019	DRS
여수·광양	0.5461361	1	0.546136	DRS
하동	0.8084642	0.9560206	0.845656	DRS
삼천포	0.2195073	0.3686029	0.595512	DRS
통영	0.0282806	0.998948	0.02831	IRS
고현	1	1	1	CRS
마산	0.1137834	0.2065842	0.550785	DRS
진해	0.065456	0.1195046	0.547728	DRS
부산	0.5125333	1	0.512533	DRS
울산	0.3388622	0.9412033	0.360031	DRS
포항	0.2414534	0.4346687	0.555488	DRS
삼척	0.7117409	0.7938804	0.896534	IRS
동해·묵호	0.2720953	0.5820213	0.467501	DRS
옥계	0.434762	0.5406867	0.804092	DRS
속초	0.0004175	0.0008459	0.493513	DRS
제주	0.1078793	0.2507563	0.430216	DRS
서귀포	0.1188427	0.9997027	0.118878	IRS

다. 연안항 효율성 분석

연안항의 효율성 분석에 사용된 변수들의 기술통계량을 살펴보면 평균적으로 안벽 길이는 390m, 물양장 길이는 634m이며, 선석 수 5.8개, 물동량은 447,866 운임톤으로 나타났다. 최대 안벽길이는 687m로 울릉항에 갖춰진 시설이며, 최대 물양장 길이는 1,566m로 흑산도 항에서 갖춰져 있다. 최대 선석 수는 11개로 녹동신항과 제주도의 성산포항에서 보유하고 있으며, 최대 물동량은 1,525,000 운임톤으로 녹동신항에서 연안항 중 최대의 물동량을 창출하고 있다. 최소 안벽길이와 최소 물양장 길이는 각각 24m와 60m 땅끝항에 갖춰져 있으며, 최소 선석 수는 1개로 연평도항에 갖춰져 있다. 최소 물동량 창출 항만은 연평도항으로 3000 운임톤의 물동량을 기록하였다.

연안항의 효율성 분석결과 CCR 모형에서는 땅끝항과 화흥포항, 녹동신항, 애월항, 화순항이 효율적인 항만으로 분석되었으며, 한림항은 0.4859368, 성산포항은 0.3345133로 비효율적인 운영을 하고 있는 것으로 나타났다. BCC 모형에서는 CCR 모형과 동일하게 땅끝항과 화흥포항, 녹동신항, 애월항, 화순항이 효율적인 항만으로 분석되었으며, 한림항과 성산포항은 0.5706785, 0.4793443 CCR 모형과 마찬가지로 비효율적 운영을 하고 있는 것으로 나타났다. 규모의 효율성(SE)은 애월항과 한림항 모두 효율적 운영을 하고 있는 것으로 나타났으며, 한림항은 0.851507, 성산포항은 0.697856로 BCC 값보다 크므로 비효율성의 원인이 적정수준의 산출이나 투입이 이루어지지 않기 때문에 발생하는 것으로 분석되었다. 규모수익(RTS)으로는 제주도 내 항만 모두 CRS로 분석되었으며, 투입요소 증가에 비례하여 산출요소 또한 증가하는 것으로 나타났다. 연안항에서는 제주항의 위성항만이라 할 수 있는 애월항과 제주도 남부에 위치한 화순항이 CCR 모형과 BCC 모형 모두 효율적인 것으로 분석되었다. 이 같은 이유로 최소의 시설로 최대의 물동량을 창출하는 것이 기본적인 이유일 수 있으나, 도내 건설·토목 산업의 부흥과 지역경제의 활성화로 인하여 물동량 증가와 이로 인한 제주항의 포화현상과 함께 화물이 제주도내 항만에 적절하게 분배됨에 따라 일부 항만의 효율성이 증가하는 현상을 보이는 것으로 해석될 수 있다.

〈표 IV-5〉 연안항 변수 기술 통계량

구분	투입변수			산출변수
	안벽(m)	물양장(m)	선석 수	물동량(톤)
평균	390	634	5.80	447,866
표준편차	215	493	3	522,271
최대값	687	1,566	11	1,525,000
최소값	24	60	1	3,000

〈표 IV-6〉 연안항 효율성 분석

항만	CCR-O	BCC-O	SE	RTS
용기포항	0.079102	0.0794567	0.995536	CRS
연평도항	0.0099558	0.9985106	0.009971	IRS
대천항	0.1351539	0.1381987	0.977968	CRS
흑산도항	0.0029664	0.0034545	0.858724	CRS
땅끝항	1	1	1	CRS
화흥포항	1	1	1	CRS
녹동신항	1	1	1	CRS
거문도항	0.0078628	0.0099052	0.793801	CRS
나로도항	0.1178444	0.1664418	0.708022	CRS
후포항	0.0273011	0.0276842	0.986163	IRS
울릉항	0.0991164	0.1003417	0.987789	IRS
애월항	1	1	1	CRS
한림항	0.4859368	0.5706785	0.851507	CRS
화순항	1	1	1	CRS
성산포항	0.3345133	0.4793443	0.697856	CRS

3. 시사점

국내 주요 항만과 제주도 항만 간의 효율성 분석 결과를 통하여 제주도에 항만의 효율성 정도를 측정할 수 있었다. 분석 결과 제주도 거점항만인 제주항은 모든 모형에서

비효율적인 운영을 하고 있는 것으로 나타났다. 유입되는 물동량의 증가로 제주항의 포화상태가 여러 매체에서 다루어져 왔으나, 시설의 비 효율적 운영과 이로 인한 물동량 처리의 비 신속성으로 인하여 효율적인 항만 운영을 하지 못하는 것을 원인으로 둘 수 있다. 현재 제주항으로 유입되는 화물들은 전반적으로 비규격 컨테이너를 통하여 유입되고 있으며, 이로 인하여 규모의 화물을 처리할 수 없을 뿐만 아니라, 항만 시설의 현대화가 이루어지지 않으면서 본 분석에서도 위와 같은 원인이 반영된 것으로 해석될 수 있다. 제주항 뿐만 아니라 제주도 내 항만 모두 위와 같은 문제점을 지니고 있으며, 애월항과 화순항의 경우 효율적인 항만으로 분석되었으나, 향후 항만의 시설 및 운영방안 개편 시 반영되어야 될 사안중의 하나이다. 그리고 현재 제주항으로 쏠려 있는 물동량의 타 항만으로의 분배가 필요하며, 이를 통한 제주항의 효율성 개선과 제주항 외의 항만별 활성화를 통한 주변 지역 경제 활성화 도모가 필요하다.

V. 결 론

항만은 화물 처리 능력 및 선박 수용력에 따라 가치를 매길 수 있다. 그리고 항만으로 부터 파생되는 산업으로 인하여 지역경제 활성화 등의 부가가치가 창출된다. 항만은 물류의 최접점으로서 본연의 목적 뿐만 아니라 지역의 경제를 이끌어 나가는 중요한 사명의 띄고 있다. 항만의 가치 향상을 위해서는 곧 항만의 효율적 운영이 필연적이다. 제주도 항만 또한 이와 다르지 않다. 제주도는 특히 지리적 특성상 항만 의존도는 타 지역보다 대단히 높을 수 밖에 없다. 제주도 내 항만의 효율적 운영은 곧 도내 산업의 효율적 운영에도 영향을 끼치게 되므로 매우 중요하며, 지속적인 관심과 개선방안 마련이 필요하다. 본 논문의 분석결과를 통하여 제주도 내 무역항은 전반적으로 비효율적인 운영을 하고 있는 것으로 나타났다. 제주도 관광산업의 부흥과 인구 수 급증 등 내수 경기 활성화로 제주도에서 유입·유출되는 화물이 증가하는 것과 달리 제주도 항만의 인프라 시설 확충이나 하역 시설 개편 등의 항만구조 개선방안이 조속히 이루어지지 않음에 따라 항만 시설의 비효율적 운용 및 항만 운영이 이루어 지는 것을 이유로 둘 수 있다. 제주도

내 연안항에서는 애월항과 화순항이 효율적인 운영을 하고 있는 것으로 분석결과가 나타났다. 무역항과 마찬가지로 만족할만 한 수준의 항만 운영 되고 있는지는 의문이다. 급상승하고 있는 제주도 지역경제 규모의 속도와는 다르게 이를 수반하는 인프라 시설 및 운영 방안은 이를 뒷받침 하지 못하고 있다. 그러므로 항만의 효율적 운영을 위한 대책마련이 필요하다. 최근 제주도에서 항만배후부지 건설과 항만공사의 설립 추진 등 효율적 항만 운영을 위한 전략 방안을 수립함에 따라 향후 제주도의 항만 발전이 기대되는 대목이다. 제주도에서 항만이 지니는 가치는 제주도 산업 전체의 성장 동력이자 제주도민의 생활을 영위하게 만들어주는 중요한 수단인 만큼 제주도 항만의 발전을 위하여 도정·도민 모두의 더 많은 관심이 필요하다.

[참고문헌]

- 권신혜(2007), “동북아시아 항만의 효율성 분석에 관한 연구”, 부경대학교 대학원 석사학위논문, pp. 1~69.
- 금중수, 윤명오, 양원재(2000), “FCM 법에 의한 항만의 분류 및 그 특성 분석에 관한 연구”, 『한국항만학회지』, 제14권 제2호, pp. 143~154.
- 김민수, 김상채, 안성모, 최규용(2014), “제주 민·군 복합항 관광미항 외곽 방파제 건설공사”, 『콘크리트학회지』, 제26권 제4호, 한국콘크리트학회, pp. 55~59.
- 김안호, 차용우(2005), “국내 무역항만의 효율성 변화분석: 맵퀴스트접근”, 『한국항만경제학회지』, 한국항만경제학회, 제21권 제2호, pp. 173~188.
- 김정봉, 한광석, 이종필, 김찬호(2006), “다기능 어항시설에 대한 민자유치 활성화 방안”, 한국해양수산개발원 연구보고서, pp. 1~178.
- 김형기, 이장원, 문종범(2006), “중국 연해지역 주요항만의 경쟁력 분석”, 『현대중국연구』, 제8권 제2호, 현대중국학회, pp. 251~282.
- 나호수, 이우, 이경수(2008), “한국 5 대 항만의 효율성에 대한 비교연구”, 『한국항만경제학회지』, 제24권 제4호, 한국항만경제학회, pp. 25~46.
- 동북아물류유통연구소, “항만공사 운영 개선대책 마련을 위한 연구”, 연구보고서, pp.1~165.
- 모수원, 이광배(2010), “부산항과 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성”, 『한국항만경제학회지』, 제26권 제2호, 한국항만경제학회, pp. 139~149.
- 모수원, 이광배(2013), “항만물동량과 산업생산의 인과성 검증”, 『해운물류연구』, 제29권 제2호, 한국해운물류학회, pp. 221~235.
- 박노경(2016), “다중회귀분석을 이용한 AHP/DEA-AR 항만효율성 측정결과의 실증적 검증소고”, 『항만경제학회지』, 제32권 제4호, 한국항만경제학회, pp. 73~87.
- 박태원(2003), “제주도 애월항의 활성화 방안”, 『월간 해양수산』, 2003년 12월호, 한국해양수산개발원, pp. 4~12.
- 백종실(2014). “평택항의 제주도 화물 유치 방안 연구”, 『국제상학』, 제29권 제4호, 한

- 국국제상학회, pp. 311~334.
- 손용정(2010), “세계 주요 컨테이너항만의 효율성 비교 연구” 『한국항만경제학회지』, 제26권 제1호, 한국항만경제학회, pp. 131~143.
- 양정철, 황경수(2017). “다목적 가변 모형을 통한 제주지역 크루즈항구의 모항여건 분석에 관한연구”, 『한국산학기술학회』, 제18권 제2호, 한국산학기술학회, pp. 243~253.
- 오진호(2016), “제주도 항만 물동량 예측:주요 품목을 대상으로”, 『제주발전연구』, 제20호, 제주발전연구원, pp. 147~167.
- 이장원, 김형기, 김성호(2008), “한, 중, 일 3 국의 항만 경쟁력 비교 연구”, 『국제지역연구』, 제11권 제4호, 한국외국어대학교 국제지역연구센터, pp. 333~360.
- 정봉민(2003), “무역항 지위 및 명칭 부여의 기본요건”, 『월간 해양수산』, 2003년 5월호, 한국해양수산개발원, pp. 5~20.
- 정태욱, 김종인, 류청로 (2000), “제주해역 항만시설물의 수리환경적 특성에 관한 연구”, 『해양공학학회지』, 한국해양공학학회, 제14권 제3호, pp. 1~10.
- 제주도청 통계연보 (<https://www.jeu.go.kr/open/governmen/stats/chronology.htm>)
- 팜티쿰마이, 김화영, 이청환(2016), “불확실성 DEA 모델을 이용한 컨테이너 항만의 효율성 분석 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제32권 제1호, 한국항만경제학회, pp. 165~178.
- 하명신(2009), “동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교”, 『한국항만경제학회지』, 제25권 제3호, 한국항만경제학회, pp. 229~250.
- 한여남, 김태원, 광규석, 남기찬(2005), “제주도 물류현황과 특징”, 『한국항해항만학회 학술대회논문집』, 제29권 제1호, 한국항해항만학회, pp. 3~9.
- 한태영, 이재완(2007), “제주외항 2 단계 항만시설 설계”, 『한국항해항만학회 학술대회 논문집』, 제31권 제2호, 한국항해항만학회, pp. 163~165.
- 해양수산부 해양수산통계시스템 (<https://www.mof.go.kr/statPortal/>)
- 해양수산부, 제3차 전국 항만기본계획 수정계획 (2016—2020).
- 홍종욱, 나정호(2017), “항만역할과 정책성과에 대한 인식차이 연구”, 『국제상학』, 제

- 32권 제3호, 한국국제상학회, pp. 151~168.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis",. *Management science*, Vol. 30 No. 9, pp. 1078~1092.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European journal of operational research*, Vol 2 No. 6,
- 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, *International journal of maritime economics*, Vol 2 No.2, pp. 83~106.
- Tongzon, J.(2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis," *Transportation Research*, Part A, Vol.35 No. 2, pp. 113~128.