

국내 컨테이너항만의 비용함수 추정과 효율성 연구

A Study on Cost Functions and Technical
Efficiency of the Korean Container Terminals

2018. 12.

최석우 | 김보경 | 이정민 | 박광서 | 김형태



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

연구진

최석우 한국해양수산개발원 정책동향연구본부 전문연구원
김보경 한국해양수산개발원 항만·물류연구본부 연구원
이정민 한국해양수산개발원 정책동향연구본부 위촉연구원
박광서 한국해양수산개발원 정책동향연구본부 연구위원
김형태 한국해양수산개발원 항만·물류연구본부 선임연구위원

보고서 집필 내역

연구책임자

최석우 연구총괄, 제1장 제1절~제2절 일부, 제3절, 제3장~5장

연구진

김보경 제1장 제1절~제2절 일부, 제2장
이정민 제1장 제1절 일부
박광서 자문 및 감수
김형태 자문 및 감수

산·학·연·정 연구자문위원

류동근 한국해양대학교 해운경영학부 교수
최용석 순천대학교 물류학과 교수
이민규 부경대학교 기술경영전문대학원 교수
이건우 중앙대학교 국제물류학과 교수
길광수 한국해양수산개발원 명예연구원
김창수 해양수산부 서기관

※ 순서는 산·학·연·정 순임

발간사

세계 경제의 저성장 고착화에도 불구하고 전 세계 항만의 지속적인 개발과 얼라이언스 개편 등에 따라 항만 간 물동량 유치경쟁이 심화되고 있다. 우리나라 주요 항만은 대내외 물류환경 변화에 따라 컨테이너 물동량 증가세가 둔화되고 있으며, 이는 세계 주요 항만 대비 항만 하역의 비중이 월등히 높은 우리나라 컨테이너항만의 구조상 심각성을 더하고 있다. 더욱이 최근 항만산업에는 선박 대형화, 환경 규제 강화, 항만자동화 및 스마트화 등이 현안으로 대두되고 있으며, 이러한 변화는 기존 항만시설의 개선, 새로운 시설의 개발, 새로운 운영체계 도입 등을 위한 비용 증가를 수반하게 된다.

항만산업을 둘러싼 다양한 비용 증가 요인이 발생하고 불확실성이 증가함에 따라 정부는 물류 경쟁력 개선과 항만 공간을 활용한 고부가가치 산업 활성화에 투자를 집중할 방침이다. 다만, 과거와 달리 인프라 설비 투자로 물동량을 증가시키는 양적인 성장에는 한계가 나타나고 있기 때문에 비용 효율성 개선을 통한 질적인 성장도 동시에 이뤄져야 될 것으로 판단된다. 국내외 산업 패러다임 변화에 대응하기 위해서는 비용 절감과 투입물의 효율적 이용이 컨테이너터미널 운영사의 생존과 직결되는 현안인 것이다.

우리나라 컨테이너항만의 지속적 성장을 위해 주요 생산주체인

터미널 운영사의 경쟁력 제고와 신규 시장참여 운영사의 성장을 통한 산업의 구조적 발전이 시급하다. 비용 효율성 개선을 통한 경쟁력 제고는 컨테이너항만의 시설 및 서비스 수준 향상 등 터미널 운영 여건을 개선하고, 나아가 글로벌 터미널 운영사로 성장할 수 있는 발판을 마련하는 데 기여할 수 있을 것이다.

이에 따라 본 연구에서는 우리나라 컨테이너터미널 운영사를 대상으로 비용함수 추정, 효율성 분석 등 계량경제 분석방법론을 적용하여 컨테이너항만 산업의 구조를 파악하고 비용 효율성 개선을 통한 경쟁력 제고 방안을 제시하였다. 구체적으로 광범위한 선행연구 검토를 통해 분석방법론을 설계하고 최적의 모형을 구축하였으며, 추정한 비용함수로부터 규모의 경제성, 가격탄력성, 대체탄력성 등 각종 경제지표를 산출하였다. 특히 본 연구에서는 실증분석에 앞서 공시 재무제표 수집과 별도로 터미널 운영사로부터 직접 데이터를 수집하여 분석 자료의 신뢰성과 일관성을 확보하였으며, 이를 통해 객관적인 실증연구 결과를 제시했다는 점에서 다른 연구와 차별성을 갖는다고 할 수 있다. 또한 터미널 운영사의 선도업체 대비 비용 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 미치는 결정요인을 도출하였으며, 분석 결과를 바탕으로 국내 컨테이너항만의 비용 효율성 개선을 위한 정책방안을 제시한 점은 의미 있는 성과로 평가할 수 있을 것이다.

이 연구에서 제시된 계량분석 결과와 정책 제언이 향후 정부의 중장기 항만개발계획 수립에서 터미널 운영사의 경쟁력 제고를 위한 정책 방안 마련을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다. 아울러 터미널 운영사의 효율적 경영전략 수립과 운영체계의 전환에 기여하기를 바라며, 이를 통해 최종적으로 우리나라 터미널 운영사가 세계적인 글로벌 터미널 운영사로 성장하는 데 있어서 본 연구가 시발점이 되기를 기대한다.

끝으로 이 연구는 정책동향연구본부의 최석우 전문연구원이 책임을 맡았고, 동 본부의 박광서 연구위원과 이정민 연구원, 그리고 항만물류 연구본부의 김형태 선임연구위원과 김보경 연구원이 참여하였다. 아울러 이 연구 과정에서 자문과 조언을 아끼지 않았던 한국해양대학교 류동근 교수, 순천대학교 최용석 교수, 부경대학교 이민규 교수, 중앙대학교 이진우 교수, 해양수산부 김창수 서기관에게 필자를 대신하여 감사드린다. 또한 본원 항만물류연구본부 명예연구위원인 길광수 박사께서 연구 진행 전반에 걸쳐 많은 조언을 주셨으며, 정봉민 박사께서 이 연구의 감리를 맡아 적절한 지적과 조언으로 보고서의 완성도를 높여 주셨다. 그 밖에 이 보고서가 출판되기까지 많은 도움을 주신 한국항만물류협회 관계자분들과 컨테이너터미널 운영사 실무전문가들을 비롯한 모든 분들께도 이 지면을 통해서 심심한 감사의 말씀을 드린다.

2018년 12월
한국해양수산개발원
원 장 양 창 호

목차

❖ 요약 · i

제 1 장 서 론 · 1

제1절 연구 배경 및 목적	1
제2절 연구의 범위	8
1. 시간적 범위	8
2. 공간적 범위	9
3. 내용적 범위	10
제3절 연구 추진방법 및 기대효과	12

제 2 장 국내 컨테이너항만의 현황 및 비용 특성 · 15

제1절 국내 컨테이너항만의 현황	15
1. 국내 컨테이너항만의 운영사 현황 및 구조 특성	15
2. 국내 컨테이너항만의 물동량 및 시설·장비 현황	22
제2절 국내 컨테이너항만의 비용 특성 분석	29
1. 국내 컨테이너터미널 운영사의 비용 및 생산항목 분류	29
2. 비용 및 생산 자료 구축	38
3. 비용요인 특성 분석	46
제3절 소결	61

제 3 장**국내 컨테이너항만의 비용함수 추정 · 65**

제1절 선행연구 검토	65
1. 항만산업의 비용구조를 분석한 연구	65
2. 타 산업의 비용구조를 분석한 연구	70
3. 선행 연구와의 차별성 및 본 연구의 의의	72
제2절 분석방법 및 추정모형	73
1. 생산함수와 비용함수 고찰	73
2. 비용함수 분석 모형	81
제3절 실증 분석	87
1. 자료 분석	87
2. 초월대수 비용함수 추정	92
3. 분석 결과	93
제4절 분석 결과 종합	101

제 4 장**국내 컨테이너항만의 비용 효율성 분석 · 103**

제1절 선행연구 검토	103
1. 항만산업의 효율성을 분석한 연구	103
2. 타 산업의 비용 효율성을 분석한 연구	110
3. 선행 연구와의 차별성 및 본 연구의 의의	112
제2절 비용 효율성 분석	115
1. 기술적 효율성과 생산성 개관	115
2. 확률비용변경분석	119
3. 자료포락분석	127
제3절 비용 비효율성 결정요인 분석	132
1. 비용 비효율성 결정요인 분석 모형	132
2. 비용 비효율성 결정요인 분석 결과	134
제4절 분석 결과 종합	137

제 5 장 결론 및 정책 제언 · 139

제1절 결론	139
제2절 정책 제언	143
1. 효율적 인력 관리 방안 마련	143
2. 터미널 운영시스템 개선	145
3. 통계 자료 구축 시스템 도입	148

❖ 참고문헌 · 151

❖ 부록 · 159

표 목차



〈표 1-1〉 국내 주요 항만별 컨테이너 물동량 연평균성장률	3
〈표 1-2〉 국내 항만별 컨테이너 물동량 전망	4
〈표 1-3〉 항만산업의 매출액, 부가가치, 영업비용 현황	4
〈표 1-4〉 항만산업의 인건비 비중	5
〈표 1-5〉 분석 대상 컨테이너터미널 현황	11
〈표 2-1〉 국내 컨테이너터미널 운영사 현황	17
〈표 2-2〉 국내 컨테이너터미널 운영사별 물동량 현황	24
〈표 2-3〉 국내 컨테이너터미널 운영사별 시설·장비 현황	26
〈표 2-4〉 전국 컨테이너터미널 시설확보율 현황	28
〈표 2-5〉 컨테이너항만별 시설확보율 현황(2016년)	28
〈표 2-6〉 유형자산 감가상각을 위한 내용연수 예시	33
〈표 2-7〉 항만 생산함수 추정에 관한 선행연구	34
〈표 2-8〉 비용, 생산, 산출물 주요 변수	37
〈표 2-9〉 자료 확보 현황	42
〈표 2-10〉 터미널 규모별 생산성(1)	60
〈표 2-11〉 터미널 규모별 생산성(2)	60
〈표 3-1〉 주요 함수 형태	80
〈표 3-2〉 투입요소의 단위가격 도출을 위한 요소비용과 투입량의 정의	89
〈표 3-3〉 한국은행 생산자 물가지수(2010=100)	89
〈표 3-4〉 분석 자료의 기초통계량	90
〈표 3-5〉 연도별 평균 요소가격과 요소비용 비중	91
〈표 3-6〉 운영사별 평균 요소가격과 요소비용 비중	92
〈표 3-7〉 초월대수 비용함수 추정결과(제약조건 미부여)	94
〈표 3-8〉 동차조건과 대칭조건 유의성 결합 검정 결과	95

〈표 3-9〉 초월대수 비용함수 추정결과	96
〈표 3-10〉 동차조건과 대칭조건 유의성 개별 검정 결과	97
〈표 3-11〉 연도별·운행사별 규모의 경제성	98
〈표 3-12〉 가격탄력성	99
〈표 3-13〉 Hicks-Allen 대체탄력성	100
〈표 3-14〉 Morishima 대체탄력성	100
〈표 4-1〉 자료포락분석법(DEA)을 이용한 항만 효율성 선행연구	113
〈표 4-2〉 확률변경분석법(SFA)를 이용한 항만 효율성 선행연구	114
〈표 4-3〉 효율성 측정방법의 장단점	118
〈표 4-4〉 연도별·운행사별 평균비용 비효율성(SFA)	127
〈표 4-5〉 연도별·운행사별 평균비용 비효율성(DEA)	131
〈표 4-6〉 비용 비효율성 결정요인 잠재 후보군	133
〈표 4-7〉 비용 비효율성 결정요인 분석 결과	134

그림 목차



〈그림 1-1〉 부산항 입항선박 대형화 추세	7
〈그림 1-2〉 연구 흐름도	13
〈그림 2-1〉 국내 컨테이너터미널 현황 및 위치	16
〈그림 2-2〉 조사표 개요	41
〈그림 2-3〉 항만별 각 비용요인 비중(부산항-임대터미널)	48
〈그림 2-4〉 항만별 각 비용요인 비중(부산항-민자터미널)	48
〈그림 2-5〉 항만별 각 비용요인 비중(인천항-임대터미널)	50
〈그림 2-6〉 항만별 각 비용요인 비중(인천항-민자터미널)	50
〈그림 2-7〉 항만별 각 비용요인 비중(기타-임대터미널)	51
〈그림 2-8〉 항만별 각 비용요인 비중(기타-민자터미널)	51
〈그림 2-9〉 항만별 각 비용요인 비중(부산항과 인천항)	52
〈그림 2-10〉 운영형태에 따른 비용요인 비중(2007~2017)	53
〈그림 2-11〉 항만별 인력 1명당 인건비	54
〈그림 2-12〉 항만별 인력 1명당 처리 물량	55
〈그림 2-13〉 항만별 단위면적(좌) 및 단위선석 길이(우)당 처리 물량	57
〈그림 2-14〉 항만별 장비(Q/C)당 처리 물량	58
〈그림 2-15〉 항만별 단위물량별 소요비용	59
〈그림 3-1〉 연도별 평균 요소가격과 요소비용 비중 변화 추이	91
〈그림 4-1〉 생산변경, 기술적 효율성, 규모의 경제	116
〈그림 4-2〉 시차에 따른 기술적 변화	117
〈그림 4-3〉 연도별 평균비용 비효율성 변화 추이(SFA)	126
〈그림 4-4〉 연도별 평균비용 비효율성 변화 추이(DEA)	130

요약

국내 컨테이너항만의 비용함수 추정과 효율성 연구

1. 연구의 목적

- ▶ 이 연구는 우리나라 컨테이너항만의 비용함수를 추정함으로써 산업의 비용구조를 분석하고 비용 효율성에 영향을 미치는 결정요인을 도출하고자 하며, 나아가 결정요인들을 적절히 통제함으로써 효율성 극대화를 유도할 수 있는 정책방향을 제시하고자 함

2. 연구의 방법 및 특징

1) 연구 방법

〈표〉 본 연구 방법의 특징

특징	주요 내용	자료수집	방법론 선택 이유
기초분석	- 국내외 선행연구, 관련 보고서 및 정책 자료 수집 및 분석 - 계량분석 선행연구의 이론 및 결과 정리	- 관련 문헌 조사 - 통계분석	- 컨테이너항만의 국내외 환경변화와 현안 파악 - 국내 컨테이너항만의 현황 및 운영특성 파악 - 생산/비용 함수 및 효율성 분석 계량모형 검토 - 분석모형의 주요 변수 발굴

특징	주요 내용	자료수집	방법론 선택 이유
실증조사	- 컨테이너터미널 운영사 - 공시 재무제표 수집 및 분석 - 미공시 자료 확보를 위한 조사표 설계 및 작성 요청	- 회계법인 위탁 조사 - 설문조사	- 공시 재무제표 활용을 위해 회계법인의 검토 및 자문 필요 - 자료의 일관성·대표성 확보를 위해 공시 자료 외 직접 설문조사를 통해 분석 자료 확보 필요
전문가 자문	- 분석 결과 검토 - 정책방향 및 추진과제 발굴	- 실무전문가 자문 및 의견 청취	- 계량분석 결과에 대한 전문가 자문을 통해 국내 컨테이너항만 산업의 건실한 성장을 위한 정책 방향과 추진과제 도출

2) 연구의 특징

- ▶ 본 연구는 국내외 환경변화에 따라 국내 컨테이너항만 산업에 다양한 비용 증가 요인이 발생하고 불확실성이 높아지는 상황에서 비용 함수 추정 등 계량경제 분석방법론을 적용하여 터미널 운영사의 비용 효율성 개선을 통한 경쟁력 제고 방안을 제시하고자 하였음
- 광범위한 선행연구 검토를 통해 분석방법론을 설계하고 최적의 모형을 구축하였으며, 추정한 비용함수로부터 규모의 경제성, 가격탄력성, 대체탄력성 등 각종 경제지표를 산출하였음
- 특히 본 연구에서는 실증 분석에 앞서 공시 재무제표 수집과 별도로 터미널 운영사로부터 직접 데이터를 수집하여 분석 자료의 신뢰성과 일관성을 확보하였음
- 또한 터미널 운영사의 선도업체 대비 비용 효율성을 측정하고, 효율성에 영향을 미치는 결정요인을 도출하였음
- 최종적으로 분석 결과를 바탕으로 국내 컨테이너항만의 비용 효율성 개선을 위한 정책방안을 제시하였음

3. 연구 결과

1) 연구 결과 요약

- ▶ 국내 컨테이너터미널 운영사는 소유주체, 개발주체, 운영주체에 따라 다양하며, 운영사의 총비용을 크게 인건비와 자본비, 그리고 기타운영비로 구분하면 다음과 같은 비용 구조적 특성을 나타냄
 - 일반적으로 인건비가 총비용의 약 40%를 차지하며, 임대터미널과 민자터미널 간 자본비와 기타운영비의 구성에 차이가 존재함
 - 최근 5년간(2013~2017년) 종사자 1명당 평균 인건비와 처리 물량은 증가 추세이나 항만별 차이가 큰 편임
 - 대다수 터미널 운영사의 생산성 역시 증가 추세이며, 특히 대형 터미널일수록 인력·장비·시설당 생산성이 높음
- ▶ 국내 11개 항만의 29개 컨테이너터미널 운영사 중 조사에 응한 13개 운영사의 2007년부터 2017년 기간의 총 116개 관측치를 이용하여 초월대수 비용함수 추정을 통해 도출한 주요 결과는 다음과 같음
 - 최종 분석 모형은 인건비, 자본비, 기타운영비 등 세 개 요소가격과 산출량으로 구성된 초월대수 비용함수 모형이며, 반복결합일반화 최소자승법(ITSUR)으로 추정된 결과 통계적으로 유의하게 나타남
 - 추정계수를 이용하여 규모의 경제성을 분석한 결과 국내 컨테이너항만은 모든 분석 기간과 운영사에 걸쳐 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타남
 - 가격탄력성과 생산요소 간 대체탄력성을 분석한 결과 생산요소 수요량의 변화는 가격의 변동에 비탄력적이며, 생산요소 간 대체 가능성도 미미한 것으로 분석됨

- ▶ 확률비용변경분석법을 이용하여 개별 터미널 운영사의 비용 효율성을 측정하고, 토빗(Tobit) 회귀모형으로 비용 효율성에 영향을 미치는 결정요인을 분석한 결과는 다음과 같음
 - 국내 컨테이너터미널 운영사의 선도업체 대비 비용 비효율성은 낮은 수준으로 보이며, 운영사 간 편차도 크지 않은 것으로 분석됨
 - 효율성 결정요인 분석 결과에 따르면 컨테이너 처리량, 직접고용비 비중, 인건비 비중을 증가시킬 때 비용 효율성이 개선되는 효과가 나타났음
 - 반면에 안벽 길이가 길수록 비용 비효율성이 증가하는 것으로 나타났으며, 운영 형태와 표준장비 대수는 유의한 영향을 주지 못하는 것으로 분석됨
- ▶ 분석 결과를 종합적으로 고려하여 국내 컨테이너터미널의 비용 효율성 개선을 통한 경쟁력 제고를 위해 정부가 수행해야 할 정책 제언은 다음의 세 가지로 제시함
 - 첫째, 항만 인력구조 유연성 확보, 둘째, 혁신적 터미널 운영 시스템 도입, 셋째, 통계 자료 구축 시스템 도입

2) 정책대안 제시내용 및 정책화 활동

- ▶ 실증분석을 통해 국내 컨테이너항만에 규모의 경제가 존재함을 보임으로써 정부의 터미널 운영사 규모 확대를 통한 글로벌 운영사 육성 정책의 논리적 근거를 제시함
- ▶ 국내 컨테이너항만의 생산 및 비용자료 구축을 통해 연도별·운영사별 효율성 변화 추세와 원인을 규명하였으며, 터미널 운영사의 경쟁력 제고를 위해 갖춰야 할 산업구조와 체계의 방향에 대한 시사점을 도출함

3) 정책적 기여 등 기대효과

- ▶ (민간부문) 우리나라 컨테이너항만의 지속적 성장을 위해 주요 생산 주체인 터미널 운영사의 경쟁력 제고와 신규 시장참여 운영사의 성장을 통한 산업의 구조적 발전을 기대
 - 객관적이고 신뢰성 높은 수요·공급 진단 및 예측으로 운영비용 절감 등 효율적 경영전략 수립하는 데 기여할 수 있음
 - 건실한 성장을 위한 경영 구조와 효율적 운영체제로 전환을 꾀할 수 있음
- ▶ (공공부문) 향후 정부의 중장기 항만개발계획 수립 시 터미널 운영사의 경쟁력 제고를 위한 정책방안 마련을 위한 기초자료로 활용을 기대
 - 물동량 변동, 항만 개발 여건 등을 종합적으로 고려하여 터미널 운영사의 경쟁력 제고를 위해 컨테이너부두 기능 전환, 신규 터미널 공급 조절 등 정책을 추진할 수 있음
 - 신규 항만 개발 시 기술적 효율성과 규모의 경제 달성을 통한 컨테이너항만의 생산성 극대화 방안을 마련하는 데 기여할 수 있음

EXECUTIVE SUMMARY

A Study on Cost Functions and Technical Efficiency of the Korean Container Terminals

1. Purpose

- ▶ This study aims to estimate the cost function of South Korea's container ports, analyzing the cost structure of the industry, while drawing determinants affecting the cost efficiency. Furthermore, the present study intends to suggest policy directions that can maximize the cost efficiency by appropriately controlling the determinants.

2. Methodologies and features

1) Methodologies

〈Table〉 Characteristics of the methodologies

Characteristics	Major contents	Data collection	Reasons for selection
Basic analysis	- Collecting and analyzing domestic and foreign	- Literature study	- Understanding the environmental changes of container ports at

Characteristics	Major contents	Data collection	Reasons for selection
	preceding studies, relevant reports and policy data – Summarizing the theories and results of preceding studies on quantitative analysis	– Statistics analysis	home and abroad as well as the current issues – Understanding the current status and operating features of Korea's container ports – Reviewing the production/cost function and a quantitative model for efficiency analysis – Discovering key variables for analytic models
Empirical study	– Collecting and analyzing financial statements disclosed by container terminal operators – Designing a questionnaire for securing undisclosed data and asking to fill them in	– Survey commissioned to an accounting firm – Survey	– Need accounting firms for review and consultation in order to utilize disclosed financial statements – Need to secure analyzed data through direct survey other than disclosed data in order to have the consistency and representativeness of data
Consultation with experts	– Reviewing the result of the analysis – Discovering policy directions and implementation tasks	– Consultation with experts in the field and hearing of opinions	– Consultation with experts on the results of quantitative analysis produced policy directions and implementation tasks for solid development of the domestic container port industry

2) Features

- ▶ Following environmental changes both at home and abroad, Korea's container port industry is witnessing an increasing number of factors that have driven up the costs, enhancing the instability. Under these circumstances, this study aims to apply econometric analysis methodologies, such as estimating a cost

function, improving the cost efficiency of terminal operators, ultimately presenting measures to increase their competitiveness.

- A broad review of preceding studies has enabled to design an analysis methodology and build an optimal model. From the estimated cost function, the study was able to calculate various kinds of economic index, including the economies of scale, price elasticity and the elasticity of substitution and others.
- Prior to empirical analysis, the study collected data directly secured from terminal operators. This was a separated process from collecting disclosed financial statements, hence, to secure the reliability and consistency of the data
- In addition, the study estimated the cost efficiency of terminal operators compared with that of leading companies, deriving determinants affecting the efficiency.
- Based on the result of the analysis, policy suggestions were finally presented to improve the cost efficiency of Korea's container ports.

3. Results

1) Summary

- ▶ Korea's container terminal operators vary depending on principal agents of ownership, development and operation. When the total cost of operators is mainly divided into three elements: the cost of labor, the cost of capital and other operating expenses, it shows the structural characteristics as follows;

- In general, the cost of labor accounts for approximately 40% of the total cost. The composition of the cost of capital and other operating expenses is different between leased terminals and private sector-invested terminals.
 - For the recent five years (2013~2017), the average cost of labor and handling volume per one worker have shown an increasing trend. However, the difference between ports is quite large.
 - The productivity of most terminal operators is also on the increase. In particular, the larger the size of a container terminal is, the higher its productivity per labor, equipment and facility is.
- ▶ Out of 29 container terminal operators operated in 11 ports in Korea, 13 operators responded to the survey. With these 13 terminal operators, the study estimated the translog cost function by utilizing a total of 116 observed values collected from 2007 to 2017. The major findings are as follows;
- The final analysis model was the translog cost function which consists of prices of three factors including the cost of labor, the cost of capital and other operating expenses as well as output volumes. When estimated with the iterative seemingly unrelated estimation (ITSUR) method, it showed statistically significant results.
 - When analyzing the economies of scale with estimated coefficients, the result showed that Korea's container ports have economies of scale throughout the all analysis periods and operators.

- With regards to the analysis of price elasticity and the elasticity of substitution between the factors of production, changes in demand of production factors are inelastic to changes in price. Also, the possibility of substitution between production factors was analyzed to be low.
- ▶ The study used the Stochastic Cost Frontier Approach to estimate the cost efficiency of individual terminal operators, while utilizing the Tobit Regression Model to analyze the determinants affecting the cost efficiency. The results are as follows:
 - The cost inefficiency of Korea's container terminal operators turns out to be low compared to that of leading companies. The deviation between operators is not that significant.
 - According to the analysis of determinants affecting the cost efficiency, the cost efficiency is improved when the handling capacity of containers, the ratio of direct employment cost and the ratio of labor cost have increased.
 - On the other hand, the longer the quay, the higher the inefficiency of the cost. The types of operation and the number of standard equipment did not have significant impact.
- ▶ Given a comprehensive analysis on the results, this study presents the following three policy suggestions to enhance the cost efficiency of Korea's container terminals, increasing its competitiveness.
 - (a) Securing the elasticity of the labor structure at ports, (b) Adopting innovative operating system for terminals , and (c) Introducing a system for establishing statistics data

2) Policy suggestions and relevant activities

- ▶ The empirical analysis of the study showed that the economies of scale are present in Korea's container ports, which provides a logical ground for the government's policy to expand the size of terminal operators, thus promoting global terminal operators.
- ▶ The construction of production and cost data for Korea's container ports helped verify the changing trends and causes of efficiency per years and operators. In addition, the study presented implications on industrial structure and directions of system for terminal operators as a way to enhance the competitiveness.

3) Expected benefits including policy contribution

- ▶ (Private sector) The study contributes to the structural development of the industry through raising the competitiveness of terminal operators, which are a main agent of production, and developing new operators. This will ultimately promote the sustainable growth of Korea's container ports.
 - Based on objective and reliable diagnosis and forecasts of the demand and supply, it can contribute to the establishment of effective management strategies such as reducing the operating cost.
 - The study promotes the industry's transformation into effective management and operating system for its sound growth

-
- ▶ (Public sector) This study can be utilized as basic data when the government establishes mid-to-long term port development plans and come up with policy measures for raising the competitiveness of terminal operators
 - Taking various factors including changes of traffic volume and conditions of port development into account, the government can push forward policies to enhance the competitiveness of terminal operators. Such measures include shifting the functions of container terminals and adjusting the supply of new terminals etc.
 - In case of developing a new port, the study is able to contribute to setting up measures for maximizing the production of container terminals by achieving technological efficiency and the economies of scale.

제 1 장

서 론

제1절 연구 배경 및 목적

세계 경제는 2008년 글로벌 경제 위기를 겪고 난 이후 미국 등 주요 선진국을 중심으로 회복기에 접어들었으나, 국제통화기금(IMF)에 따르면 2018년과 2019년 세계경제가 각각 3.9% 성장률을 기록할 것으로 예측되는 등 저성장 국면이 지속될 것으로 전망된다.¹⁾ 이에 경제성장률과 상관관계가 높은 것으로 분석되는 세계 주요 항로 물동량 성장률 역시 2017년 5.5%의 급격한 성장을 보인 이후 2018년 3.6%, 2019년 4.1%, 2020년 4.2%로 대략 4%대의 완만한 성장세가 유지될 전망이다.²⁾

하지만 이러한 저성장의 고착화에도 불구하고 전 세계 항만의 지속적인 개발과 얼라이언스 개편 등에 따라 항만 간 물동량 유지

1) IMF 「World Economic Outlook」 (검색일: 2018. 4. 5.)

2) Drewry(2017), p.8

경쟁이 심화되고 있다. 중국 상하이 양산항은 2017년 12월 4단계(7선석) 터미널을 개장하였으며, 싱가포르 투아스 신항(65선석)은 2040년까지 총 6,500만 TEU 처리가 가능한 터미널을 개발하고 있다. 또한 2017년 4월 해운 얼라이언스가 3강 체제로 개편됨에 따라 선사의 선대규모와 대(對)항만 협상력이 더욱 높아지고 있다. 얼라이언스 개편은 향후 지속될 것으로 전망되고 있으며, 기항지 변경, 항로 수 변경 및 감소로 인해 항만 간 또는 항만 내 컨테이너터미널 간 경쟁이 심화될 수 있다. 특히 얼라이언스의 하역료 인하 및 시스템 개편 요구에 따라 컨테이너터미널 운영사의 부담이 가중될 것으로 예상된다.

이러한 상황에서 대외 무역 의존도가 높은 한국경제도 과거의 초고성장 시대를 마감하고 2~3%대의 저성장 기조가 고착화될 것으로 보인다. 대내외 물류환경 변화에 따라 우리나라 주요 항만의 컨테이너 물동량 증가세가 둔화되고 있으며, 이는 세계 주요 항만 대비 항만 하역의 비중이 월등히 높은 우리나라 컨테이너항만의 구조상 심각성을 더하고 있다. 지난 10년간의 국내 컨테이너 물동량을 살펴보면, 2008년 1,793만 TEU에서 2017년 2,747만 TEU로 연평균성장률 4.9%를 기록하였으며, 이는 동 기간 국내 명목 GDP 연평균성장률 5.1%와 유사했다. 2008년 세계 금융위기의 영향으로 급격히 감소한 물동량은 2010년부터 빠르게 회복하였으며 이후 점진적인 증가 추세를 보이고 있다. 다만 물동량 증가추세의 변곡점을 기준으로 2008~2012년을 1기, 2013~2017년을 2기로 구분하여 연평균성장률을 측정한 결과 1기는 5.9%, 2기는 4.0%로 컨테이너 물동량 증가 추세가 둔화되고 있음을 알 수 있다.

〈표 1-1〉 국내 주요 항만별 컨테이너 물동량 연평균성장률

단위: %

구분	1기('08~'12년)	2기('13~'17년)	전체('08~'17)
전국	5.9	4.0	4.9
부산항	6.1	3.8	4.8
인천항	3.9	9.0	6.7
광양항	4.3	-0.6	2.3
평택·당진항	9.8	5.6	6.8

자료: 해양수산부, 『항만 컨테이너 물류 주요 통계』, 2017b, p. 4 참조하여 저자 작성

주요 항만별로 물동량을 살펴보면, 국내 물동량의 대략 75% 정도를 차지하는 부산항이 2010년 이후 꾸준히 물동량이 증가하여 2017년 2천만 TEU를 넘어섰으나 증가율은 점차 하락하는 추세이다. 인천항은 2016~2017년 증가율이 10%를 넘어서는 등 2013년 이후 상대적으로 급격하게 물동량이 증가한 반면, 광양항은 2015년부터 물동량이 소폭 감소하는 등 성장이 정체되고 있다. 한국해양수산개발원(2018)³⁾에 따르면, 컨테이너 물동량 증가율 하락 추세는 향후 2030년까지 지속될 것으로 전망된다. 국내 컨테이너 물동량은 2020년 3천만 TEU를 넘어서고, 2030년에는 4천만 TEU까지 증가하지만 연평균성장률은 2017~2020년 기간 3.7%, 2025~2030년 기간 2.5%로 감소하는 것으로 예측된다.

3) 한국해양수산개발원(2018), p.115

〈표 1-2〉 국내 항만별 컨테이너 물동량 전망

단위: 천TEU, %

구분	'17	'20	'25	'30	연평균성장률		
					'17~'20	'20~'25	'25~'30
전국	27,421	30,602	35,769	40,453	3.7	3.2	2.5
부산항	20,473	22,892	26,833	30,485	3.8	3.2	2.6
인천항	3,041	3,441	4,079	4,571	4.2	3.5	2.3
광양항	2,220	2,423	2,745	3,043	3.0	2.5	2.1
평택·당진항	640	719	855	980	4.0	3.5	2.8
울산항	466	476	529	577	0.7	2.1	1.8

자료: 한국해양수산개발원, 『2017년 품목별 항만물동량 예측보고서』, 2018, p. 115

컨테이너 물동량 증가율 둔화에도 불구하고 우리나라 항만산업 운영에서 발생하는 비용은 지속적으로 증가하고 있다. 통계청에서 발표된 항만산업(‘항구 및 기타 해상터미널 운영업’으로 분류)의 영업 비용 증가율은 매출액 및 부가가치액 증가율을 2.0~3.4배 상회하는 수준이다.⁴⁾

〈표 1-3〉 항만산업의 매출액, 부가가치, 영업비용 현황

	2011	2012	2013	2014	2015	연평균증가율
매출액	346,448	346,494	452,032	465,936	533,002	11.4%
부가가치	259,062	221,033	290,452	333,248	328,174	6.1%
영업비용	171,753	179,030	281,896	312,415	367,323	20.9%

자료: ‘11~’15년 통계청 산업별분류, 운수업 “항구 및 기타 해상터미널 운영업” 참조하여 KMI 작성,
재인용: 김근섭, 「항만 산업 전망과 대응」, 해양수산 전망대회 2018(항만·물류) 발표자료, 2018

4) 김근섭(2018)

특히 항만산업 영업비용 중 인건비가 차지하는 비중이 상당히 높은 것으로 분석된다. 2016년 기준 인건비 비중은 64.1%로 제조업 13.6%, 건설업 15.9%, 운수업 20.4%에 비해 상당히 높은 수준이다. 2018년 16.4%의 최저임금 인상을 시작으로 계속적인 임금 인상이 이루어질 경우(향후 현재대비 32.8% 인상 예정) 항만산업의 비용 경쟁력은 저하될 수밖에 없다.

〈표 1-4〉 항만산업의 인건비 비중

	항만산업	운수업	건설업	제조업
인건비 비중	64.1%	20.4%	15.9%	13.6%

자료: 통계청 국가통계포털 2018. 1. 참조하여 KMI 작성, 재인용: 김근섭, 「항만 산업 전망과 대응」, 해양수산 전망대회 2018(항만·물류) 발표자료, 2018

대내외 항만산업을 둘러싼 환경의 변화에 따른 비용 발생 요인도 산적해 있다. 최근 항만산업에는 선박 대형화, 환경 규제 강화, 항만 자동화 및 스마트화 등이 대두되고 있으며, 기존 항만시설의 개선, 새로운 시설의 개발, 새로운 운영체제 도입 등을 위한 비용 증가를 수반하게 된다. 대표적으로 전 세계 주요 컨테이너항만 간에는 대형선 유치를 위한 경쟁이 심화되고 있으며, 이를 위해 심수부두 개발, 대형장비 도입 등이 이루어지고 있다. 해운시장 여건이 개선됨에 따라 주요 대형 선사를 중심으로 초대형선 발주가 이루어지고 있으며, 이는 향후에도 지속될 전망이다.⁵⁾

자동화 터미널 도입이 가속화됨에 따른 개발 비용의 증가도 예상된다. 항만자동화는 항만 생산성 향상, 인건비 절감, 친환경 및 안전

5) 김근섭(2018)

효율 증가 등의 장점이 있어 많은 선진항만에서 도입하고 있는 추세이다. 1993년 로테르담 ECT에서 최초 반자동화를 도입한 이후, 현재 로테르담항, LBCT항, 상하이 양산항, 청도항 등에서 완전자동화 터미널을 운영하고 있다.⁶⁾ 향후 2021년에는 전 세계 약 55% 항만이 완전 자동화 또는 자동화 터미널을 운영할 전망이다. 투자지출과 회수비용에 대해서는 여전히 쟁점이 되고 있으나, 다양한 연구 자료에 따르면 완전자동화 시설 도입을 위한 투자지출은 기존 반자동화 터미널 구축비용 대비 약 1.5~1.7배에 달할 것으로 분석된다.⁷⁾

한편 2017년 말 기준 우리나라에 완전 자동화 터미널은 전무하며, 부산항 신항에 3개, 인천항 신항 2개 터미널이 반자동화 형태로 운영되고 있다.⁸⁾ 향후 개발이 예정되어 있는 부산항 신항 신규 터미널은 완전자동화 터미널로 개발을 고려 중이다. 동시에 일부 기존 터미널 역시 하역능력 제고 및 선사 요구사항에 대응하고자 야드 내 ARMGC 확충 등을 통해 야드 자동화를 추진 중으로 지속적인 비용발생이 예상된다.⁹⁾

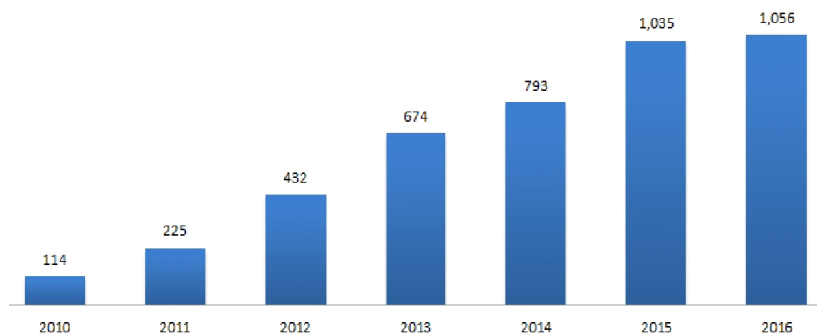
6) 완전자동화 터미널은 선박-안벽 선적·하역 시 원격 크레인 조정, 이송작업에 AGV (Automated Guided Vehicle) 등의 무인이송장비 활용, 장치장 운영(RTGC, RMGC 활용 등) 역시 무인으로 이루어지는 터미널을 의미함

7) 한국항만운송노동연구원(2018)에 따르면, 인프라 구축비용은 기존 반자동화 터미널 대비 2배, 장비 비용 2배, 정부기술비용 5배, 기타 유지보수 및 운영비는 3배가 발생할 것으로 예상됨

8) 우리나라 반자동화 터미널은 부산항 신항 2부두(PNC) 3개 선석, 4부두(PHPNT) 4개 선석, 5부두(BNCT) 4개 선석 및 인천항 신항 1-1단계 SNCT의 1개 선석과 HJIT에 3개 선석이 있음

9) 김근섭(2018)

〈그림 1-1〉 부산항 입항선박 대형화 추세



주: 각 연도에 해당하는 선박 척수는 10만톤급(8,500 TEU급) 이상 선박에 대한 수치임

자료: 통합 PORTMIS, <https://new.portmis.go.kr>(검색일: 2017.12.20)를 참고하여 KMI 작성

이처럼 항만산업을 둘러싼 다양한 비용 증가 요인이 발생하고 불확실성이 증가함에 따라 정부는 ‘제3차 전국 항만기본계획 수정계획(2016~2020)’을 통해 우리나라 항만의 경쟁력 강화를 위해 15조 원 투자방침을 수립하였으며, 물류 경쟁력 개선과 항만 공간을 활용한 고부가가치 산업 활성화에 투자를 집중할 방침이다. 다만, 과거와 달리 인프라 설비 투자로 물동량을 증가시키는 양적인 성장에 한계가 나타난 상황에서 비용 효율성 개선을 통한 질적인 성장도 동시에 이뤄져야 될 것으로 판단된다. 국내외 산업 패러다임 변화에 대응하기 위해서는 비용 절감과 투입물의 효율적 이용이 컨테이너터미널 운영사들의 생존과 직결되는 현안이기에 때문이다.

우리나라 컨테이너항만의 지속적 성장을 위해 주요 생산주체인 터미널 운영사들의 경쟁력 제고와 신규 시장참여 운영사들의 성장을 통한 산업의 구조적 발전이 시급하다. 비용 효율성 개선을 통한 경쟁력 제고는 컨테이너터미널의 시설 및 서비스 수준 향상 등 터미널 운영 여건을 개선하며, 나아가 글로벌 터미널 운영사로 성장할 수 있는

발판을 마련하는 데 기여할 수 있을 것이다.

이에 따라 본 연구에서는 국내 컨테이너터미널 운영사들을 대상으로 비용함수를 추정함으로써 컨테이너항만의 비용구조를 분석하고 컨테이너항만의 비용 효율성에 영향을 미치는 결정요인들을 도출하고자 한다. 나아가 결정요인들을 적절히 통제함으로써 효율성 극대화를 유도할 수 있는 정책방향을 제시하고자 한다. 구체적으로 본 연구는 비용함수 추정을 통해 규모의 경제성을 도출하고, 추정된 비용함수를 통해 터미널 운영사의 비용 효율성을 분석한 뒤, 이를 토대로 비용 효율성을 결정하는 요인을 찾는 데 그 목적이 있다.

제2절 연구의 범위

1. 시간적 범위

컨테이너터미널 운영사의 비용구조를 분석하기 위한 시간적 범위는 2007년부터 2017년까지로 설정하였다. 최초 분석 기점을 2007년으로 정한 이유는 글로벌 금융 위기가 시작된 해이자, 부산항 신항이 본격적인 개장을 앞두고 있는 등 대·내외적 산업의 구조변화가 예상되는 시점이기 때문이다. 한편 2017년까지를 분석 시점으로 정한 이유는 대부분의 컨테이너터미널 운영사 회계 공시가 익년 3월경으로 현재 시점에서 확보 가능한 최근의 자료이기 때문이다.

한편 본 연구에서 선정한 29개 운영사들의 연도별 자료는 기본적으로 2007년부터 2017년까지이며, 동 기간 중 일관성이 부족한 연도는 일부 제외하여 최종적으로 <표 1-5>에 제시되어 있는 관찰점이 선정

되었다. 또한 본 연구에서 추정하는 비용함수 및 효율성 분석이 우리나라 컨테이너터미널 운영사의 대표성을 나타낼 수 있도록 최대한 많은 관찰점 수를 확보하고자 하였다.

2. 공간적 범위

본 연구의 분석 대상 컨테이너터미널 운영사는 <표 1-5>와 같이 우리나라 컨테이너 화물 선적 및 하역 서비스를 제공하는 모든 운영사로 선정하였다. 항만별로는 부산항이 8개 운영사, 광양항 3개 운영사, 인천항 6개 운영사 등 총 29개 운영사가 분석 대상이다. 실제 컨테이너 전용터미널 수와 터미널 운영사 수는 일치하지 않을 수 있다. 최근 터미널 운영사 간 통합, 신규 터미널 개장으로 운영사가 이전하거나, 단일 터미널 운영사가 여러 항만의 터미널을 동시에 운영 하는 등 다양한 운영 형태가 존재하기 때문이다. 또한 실제 분석 대상은 컨테이너 전용터미널 유무, 자료 확보 여부, 컨테이너터미널 운영 여건 등을 반영하여 분석에 유의하지 않은 운영사는 제외하였다.

분석 대상 운영사의 선정기준은 추정된 확률모형의 유의성을 향상시키기 위해 최대한 많은 표본 수를 확보하고자 하였으며, 다만 산출량을 컨테이너 처리량으로 설정함으로써 컨테이너 화물 외 일반화물을 동시에 처리하거나, 매출액 중 기타 부대사업의 비중이 큰 운영사는 분석 대상에서 제외시켰다. 또한 2000년대 들어 컨테이너항만의 구조적 변화가 지속되어 운영사의 통폐합이 지속적으로 발생한 점도 고려되었다. 일부 터미널의 경우 개장 초기이거나 인수 초기여서 이전의 자료가 확보되지 않는 경우에도 분석에서 제외하였다.

3. 내용적 범위

본 연구는 국내 컨테이너항만의 현황과 터미널 운영사의 비용 측면에서의 특성을 살펴보고, 체계적인 계량분석을 위해 비용함수를 추정하였다. 다음으로 추정한 비용함수를 활용하여 규모의 경제성, 가격탄력성, 대체탄력성 등을 산출함으로써 우리나라 컨테이너항만의 경쟁력 제고를 위해서 갖춰야 할 산업구조와 운영체계의 방향에 대한 시사점을 도출하였다.

또한 비용구조를 통해 컨테이너터미널 운영사의 효율성을 분석하고, 분석 결과를 연도별·운영사별로 비교 평가하여 우리나라 컨테이너터미널의 비용 효율성을 향상시킬 수 있는 방안 도출을 목적으로 하였다. 이를 위하여 첫째, 본 연구에서 분석 대상으로 선정된 컨테이너터미널의 생산 및 비용 자료를 구축하여 연도별·운영사별 효율성 변화추세와 원인을 규명하였다. 둘째, 측정된 효율성에 대해서 컨테이너 처리량, 요소비용비중, 운영형태 등이 컨테이너터미널의 비용 효율성에 어떠한 영향을 미치는가를 실증 분석하였다. 셋째, 효율성 분석 결과를 통해 우리나라 컨테이너터미널의 운영방안에 대한 시사점을 도출하였다.

〈표 1-5〉 분석 대상 컨테이너터미널 현황

항만	부두명	분석 연도															합계
		07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17					
부산항	자성대부두(허치슨)															11	
	신선대부두 & 김만부두(BPT)															1	
	신감만부두(동부부산)															11	
	신항1부두(PNIT)															8	
	신항2부두(PNC)															11	
	신항3부두(HJNC)															9	
	신항4부두(PSA-HPNT)															7	
	신항5부두(BNCT)															6	
광양항	2-1단계(SM상선)															-	
	2-2단계(KIT)															11	
	3-1단계(대한통운)															-	
인천항	인천컨테이너터미널(ICT)															11	
	E1CT															9	
	대한통운															-	
	선광인천(SICT)															-	
	선광신컨테이너(SNCT)															-	
	한진인천(HJIT)															-	
군산항	군산컨테이너터미널(GCT)															11	
평택	평택컨테이너터미널(PCTC)															10	
당진항	평택동방아이포트(PNCT)															-	
울산항	울산신항(UNCT)															-	
	정일울산(JUCT)															-	
목포항	목포신항만(주)															-	
포항항	포항영일신항만															-	
마산항	제4부두(대한통운)															-	
	가포 신항(마산아이포트)															-	
대산항	제4부두(대산항운영)															-	
경인항	인천터미널															-	
	김포터미널															-	
합계		6	7	9	10	11	12	12	12	12	12	12	13			116	

주:  는 터미널로부터 조사표 획득, 실제 함수 구축에 사용

 는 터미널로부터 자료확보가 불가능하여 공시된 제무재표로 조사표를 구축, 실제 함수 구축에는 사용하지 않음

 는 공시된 제무재표 있으나, 터미널 개장 초기, 처리화물 및 매출구조 등 분석 대상에 적절하지 않아 제외

 는 공시된 제무재표 부재, 처리화물, 매출구조 등 분석 대상에 적절하지 않아 제외

자료: 저자 작성

제3절 연구 추진방법 및 기대효과

본 연구의 수행체계는 <그림 1-2>의 연구 흐름도와 같다. 우리나라 컨테이너터미널의 현황과 비용 특성을 파악하기 위해 다량의 자료를 수집·분석하였으며, 체계적인 계량분석을 위해 다양한 선행연구의 이론 및 결과를 정리하였다. 실증분석을 위한 자료는 국내 컨테이너터미널 운영사를 대상으로 직접 조사표 작성 요청을 통해 확보하였으며, 자료의 특성을 반영한 최적 모형을 설계·분석하였다. 또한 최종적으로 분석 결과를 바탕으로 연구의 결론 및 시사점을 작성하였다.

본 연구를 통해 얻을 수 있는 기대효과는 크게 두 가지로 요약해 볼 수 있다. 첫째, 컨테이너터미널 운영사의 생산 투입량과 요소별 비용 등 기초자료 분석을 통해 향후 컨테이너항만이 건실하게 성장할 수 있는 산업구조와 운영체계에 대한 방향 및 정책적 시사점을 체계적이고 계량적으로 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 분석 결과를 바탕으로 비용 효율성을 높일 수 있는 규모 및 결정요인 제시를 통해 장기적으로 우리나라 컨테이너터미널이 세계적 터미널과 비교하여 경쟁력을 갖추고 지속적으로 성장할 수 있는 근거를 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

〈그림 1-2〉 연구 흐름도



제 2 장

국내 컨테이너항만의 현황 및 비용 특성

제2장에서는 비용함수 추정을 통한 계량분석에 앞서 국내 컨테이너항만의 현황과 비용 특성을 살펴본다. 특히 본 연구의 분석 대상인 터미널 운영사의 비용 및 생산 투입요소를 분석 목적에 맞게 정의 및 분류하고, 구축된 자료를 통해 요인별 비용 특성을 분석한다.

제1절 국내 컨테이너항만의 현황

1. 국내 컨테이너항만의 운영사 현황 및 구조 특성¹⁰⁾

1) 국내 컨테이너항만 운영사 현황

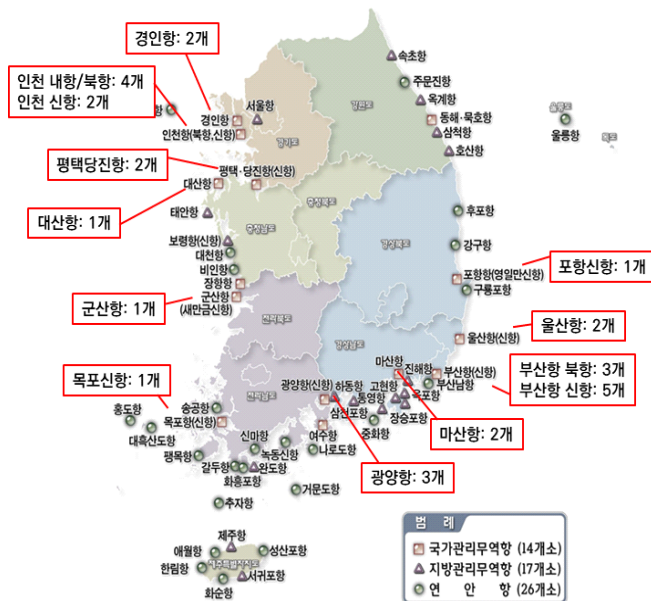
우리나라의 컨테이너항만은 2018년 기준 총 11개이며, 총 29개의 터미널 운영사에 의해 운영되고 있다(〈그림 2-1〉 참조).¹¹⁾ 국내 컨테

10) 본 연구에서는 개별 컨테이너터미널 운영사의 비용 자료를 활용하여 분석을 진행하는 것으로, 컨테이너항만 현황은 주로 터미널 운영사별 운영형태, 물동량, 시설 현황 등에 초점을 맞추어 서술함

이너터미널 운영사는 비교적 소규모 형태이며(부산항 신항 6개 선석 운영이 최대, 대부분이 2-4개 선석 운영 수준), 대부분 민간 운영사에 의해 운영되고 있다.

우리나라 컨테이너항만은 소유주체, 개발주체, 운영주체에 따라 다양한 형태로 구분될 수 있다. 본 연구에서 분석하고자 하는 대상은 개별 컨테이너터미널의 운영주체인 터미널 운영사이며, 구분 특성에 따라 비용구조가 일부 상이하게 나타날 수 있다. 즉, 항만 하역서비스를 제공함에 따라 나타나는 매출(하역료), 그에 수반되는 비용인 장비운영비, 동력비, 인건비 등은 동일한 형태로 발생하나 부두임대료, 유·무형 자산, 관리운영권 등은 상이하다.

〈그림 2-1〉 국내 컨테이너터미널 현황 및 위치



자료: 해양수산부, 『제3차 전국 항만기본계획 수정계획』, 2016a; 항만물류협회, 『항만하역요람』, 2017 참조하여 저자 작성

11) 우리나라 각 항만 터미널 운영사를 회원으로 하는 (사)항만물류협회에서 구분한 자료를 활용함

현재 항만공사가 설립되어 있는 부산항, 인천항, 광양항, 울산항 등은 각 항만공사가 그 소유권을 가지고 관리하고 있으며, 그 외 터미널은 각 지방의 해양수산청이 관리주체로서 역할을 하고 있다. 단 민간터미널의 경우 민간기업이 투자하여 개발된 것으로 민간기업에 의해 관리·운영이 이루어지고 있다. 일부 터미널 운영사의 경우 정부와 민간기업의 투자 범위에 따라 운영권이 결정되며 이에 따라 비용 구조도 다르게 나타날 수 있다.

컨테이너터미널 운영사는 기업의 통합·해체에 따라 계속적으로 변경되어 왔다. 예를 들어, 부산항 북항 감만부두와 신선대 부두의 경우, 초기 각 운영사에 의해 운영되었으나, 항만 선석운영 효율성 제고 등의 목적으로 2016년 통합을 추진하게 되었다. 또한 한진해운 파산에 따라 SM상선이 터미널 운영권을 인수하는 등 기업 경영 문제로 운영권의 이전이 이루어지기도 한다.

〈표 2-1〉 국내 컨테이너터미널 운영사 현황

항만	부두명	운영회사		부두운영 형태	비 고
부산항	자성대부두	한국허치슨터미널(주) (HBCT)		임대터미널	컨테이너 전용
	신선대부두	CJ대한통운		임대터미널 (BPT)	컨테이너 전용 (‘16 통합운영)
	감만부두	인터지스(1)	부산국제 터미널(주)		
		한진해운(1)			
		허치슨(1)			
		세방(1)			
	신감만부두	동부부산컨테이너터미널(주) (DPCT)		임대터미널	컨테이너 전용
	신항1부두	부산신항국제터미널(주) (PNIT)		임대터미널	컨테이너 전용
신항2부두	부산신항만(주) (PNC)		민자터미널	컨테이너 전용	

항만	부두명	운영회사	부두운영 형태	비 고
부산항	신항3부두	한진부산컨테이너터미널(주) (HJNC)	임대터미널	컨테이너 전용
	신항4부두	PSA-현대부산신항만(주) (PSA-HPNT)	임대터미널	컨테이너 전용
	신항5부두	(주)비엔씨티 (BNCT)	민자터미널	컨테이너 전용
광양항	2-1단계	SM상선광양터미널(주) (SMGT)	임대터미널	컨테이너 전용
	2-2단계	한국국제터미널(주) (KIT)	임대터미널	컨테이너 전용
	3-1단계	CJ대한통운(주)	임대터미널	컨테이너 전용
인천항	인천 남항	인천컨테이너터미널(주)(ICT)	민자터미널	컨테이너 전용
		(주)E1컨테이너터미널(E1CT)	임대터미널	컨테이너 전용
		CJ대한통운(주)	임대터미널	컨테이너 전용 (‘17 운영중단)
		(주)선광인천컨테이너터미널(SICT)	임대터미널	컨테이너 전용 (‘16 운영중단)
	인천 신항	(주)선광신컨테이너터미널(SNCT)	민자터미널 (하부공사-정부)	컨테이너 전용 (‘15 개장)
		한진인천컨테이너터미널(주)(HJIT)	민자터미널 (하부공사-정부)	컨테이너 전용 (‘16 개장)
군산항	6부두	군산컨테이너터미널(주)(GCT)	임대터미널	컨테이너 전용
평택· 당진항	동부두 #6~9	(주)평택컨테이너터미널(PCTC)	임대터미널	컨테이너 전용
	동부두 #14~16	평택동방아이포트(주) (PNCT)	민자터미널	컨테이너 전용 (#16 접화부두로 운영)
울산항	울산신항	유엔씨티(주)(UNCT)	민자터미널	일반화물 동시 취급
	정일컨네이너부두	정일울산컨테이너터미널(주)(JUCT)	민자터미널	컨테이너 전용
목포항	신항	목포신항만운영(주)	민자터미널	일반화물 동시 취급
포항항	영일만	포항영일신항만(주)	민자터미널	일반화물 동시 취급 (2선석 일반부두로 운영)
마산항	제4부두	CJ 대한통운(주)	임대터미널	일반화물 동시 취급 (접화부두로 기능전환)

항만	부두명	운영화사	부두운영 형태	비 고
마산항	가포 신항	마산아이포트(주)	민자터미널	일반화물 동시 취급 (다목적부두로 변경)
대산항	제4부두	대산항만운영(주)	임대터미널	일반화물 동시 취급
경인항	인천터미널	SM상선경인터미널(주)	임대터미널	일반화물 동시 취급
	김포터미널	김포터미널(주)	임대터미널	일반화물 동시 취급
11개		29개	-	-

주: 부두운영형태, 취급화물에 대한 정보는 터미널 운영사 실무전문가 인터뷰(개최일: 2018. 4. 13.) 및 항만물류협회 자문회의(개최일: 2018. 6. 15.) 내용 참조

자료: 항만물류협회, 『항만하역요람』, 2017; 해양수산부, 『항만업무편람』, 2017c 참조하여 저자 작성

2) 국내 컨테이너터미널 운영사의 구조 특성

(1) 컨테이너터미널 개발 방식에 따른 구조 특성

가. 임대터미널

우리나라는 중앙정부가 항만 개발 계획을 수립하고 소유하는 형태로 항만정책을 실시해왔다. 이러한 관점에서 임대터미널 역시 항만 개발과 관리 주체인 정부(해양수산부)가 항만을 건설하여 소유하고 있으나, 직접 운영하지 않고 터미널 운영사에게 터미널 부지를 임대하는 형식으로 운영하는 것을 의미한다. 즉, 정부가 항만 상부시설이나 하부시설 또는 둘 모두의 소유권을 가지고 있으며, 민간기업인 터미널 운영사에게 장기 임대하여 직접 운영토록 한다. 이때 터미널 운영사는 리스임대료를 항만관리주체에게 지급하고 있으며, 이는 터미널 운영사의 재무구조상 주요 비용요인이 된다.

우리나라 임대터미널의 경우 일반적으로 안벽 및 야드 외 컨테이너 터미널 운영에 필요한 크레인, 야드 운송장비 등의 하역장비, 건물,

부대시설 등은 터미널 운영사가 직접 투자해 설치하고 있다. 다만 경우에 따라서는 장비까지 모두 터미널 부지 임대료에 포함하여 임대료로 지급하기도 한다.¹²⁾ 이때 임대료는 항만을 소유하고 있는 국가 즉, 항만공사 또는 해양수산청에 납부된다.

나. 민간 개발 터미널(민자터미널)

민간 개발 터미널의 경우, 민간기업이 터미널 개발과 운영을 전적으로 담당하는 형태로, 비교적 최근에 개장한 터미널에서 많이 나타나고 있다. 민간 개발 터미널은 항만시설의 수요를 확충하고 민간의 효율성과 창의성을 활용하고자 도입되었다. 일반적인 컨테이너터미널 건설을 위한 민간투자는 「사회기반시설에 대한 민간투자법」에 의거하여 건설되며 여기에는 안벽시설 및 항만부지조성 등 공공시설에 대한 투자를 중요 사업대상으로 하고 있다.¹³⁾

이러한 민간 주도 개발 터미널은 준공 이후 즉시 소유권이 국가에 귀속되나 사업 시행자에게 일정기간 동안 항만의 운영과 관리권을 인정해주는 민간투자(Built-Transfer-Operation) 방식을 적용하므로 대부분 장기간 운영권을 가지고 있다.¹⁴⁾ 대표적으로 부산항 신항의 PNC(2부두), BNCT(5부두), 마산 가포신항의 마산아이포트(주), 목포항 신항의 목포신항만(주) 등은 터미널 상부 및 하부공사, 모든 하역장비 및 부대시설 등을 민간자본으로 건설 및 매입하여 직접 운영하고 있는 형태이다. 반면, 하부시설은 중앙정부가 개발하여 소유하면

12) 부산항 신항 PNIT(1부두)는 최초 PNC(2부두)에서 9선석을 민자로 개발된 부두였으나, 장비 및 시설 투자 및 건설에 완료된 상태에서 운영에 어려움이 있어 3선석을 부산항만공사에 반납함. 이를 PNIT(1부두)가 임대하여 운영하고 있어 상/하부 시설과 장비에 대한 임대료를 함께 지불하고 있음

13) 국토해양부(2008), p. 81.

14) 부산항 PNC(2부두)와 BNCT(5부두)는 50년간, 평택당진항의 평택동방아이포트(주)는 30년간 민간기업에 의해 소유권이 귀속되어 있음

서 터미널 운영사에 임대하고, 상부시설 및 장비는 터미널 운영사가 직접 투자하여 소유권을 가지고 운영하는 터미널도 있다. 인천항 신항의 선광신컨테이너터미널(주), 한진인천컨테이너터미널(주)가 대표적이다.

민간 개발 터미널의 경우 항만 개발을 위한 투자지출은 재무제표상 ‘항만관리운영권’ 명목으로 처리된다. 즉, 장비 및 시설에 대한 비용을 제외한 터미널 건설 투자지출을 장기간(40~50년) 감가상각하여 연간 발생 비용으로 처리하고 있다.

(2) 처리화물에 따른 구조 특성

컨테이너터미널은 일반적으로 컨테이너화물 처리를 전제로 하며, 보유하고 있는 장비와 시설 등을 활용하여 최대한의 효율을 이끌어 내야 한다. 부산항, 광양항, 인천항의 컨테이너터미널은 개발계획 수립 시부터 컨테이너 전용터미널로 개발되어 현재에도 계속 컨테이너 화물 만을 처리하고 있다.

반면, 일부 터미널의 경우 컨테이너 전용터미널로 개발되어 개장했으나 컨테이너 물동량 부족 등의 이유로 다목적부두로 기능이 전환되어 컨테이너화물과 동시에 일반화물을 취급하기도 한다. 포항영일만항의 컨테이너터미널은 초기 4선석이 개장되었으나 현재 2선석은 일반부두로 운영되고 있다. 또한 마산 가포신항 역시 초기 컨테이너 전용터미널로 계획·개발되었으나 물동량 부족으로 다목적부두로 기능이 전환되어 개장하였고(2013년), 기 설치된 크레인 1기도 매각되었다.

본 연구는 컨테이너터미널 운영사의 비용구조를 파악하고 비용함

수를 추정하는 것으로, 모든 컨테이너터미널 운영사는 컨테이너만 전용으로 처리함을 전제로 한다. 일반적인 컨테이너 전용터미널은 매출의 90% 이상 또는 99% 가까이가 컨테이너 하역서비스 제공으로 발생되며,¹⁵⁾ 이에 따라 매출원가는 전적으로 하역서비스 제공을 위한 장비운용, 인건비, 운영비 등으로 구성된다.

반면 위에서 언급한 바와 같이 일반화물을 동시에 처리하는 경우, 장비, 인력 등의 자원이 전적으로 컨테이너 물동량 발생에 투입되었다고 보기 어렵다. 이에 Tovar, Jara-Diaz, and Trujillo(2003)은 스페인 라스팔마스(Las Palmas)항의 3개 운영사를 대상으로 각 터미널에서 처리되는 물동량을 컨테이너화물, 일반화물, 로로(Ro-Ro)화물 등으로 구분하여 다산출물 비용함수를 추정하였다. 다만 본 연구에서는 컨테이너항만을 분석 대상으로 하므로 일반화물을 동시에 취급하는 터미널 운영사의 자료는 분석에 포함하는 것이 무리가 있을 것으로 판단된다.

2. 국내 컨테이너항만의 물동량 및 시설·장비 현황

1) 컨테이너터미널 운영사별 물동량 현황

국내 컨테이너항만은 항만별, 터미널 운영사별 상당한 물동량 차이를 보이고 있다. 주요 컨테이너항만인 부산항, 인천항, 광양항 등 3개 항만에서 전국 컨테이너 물동량의 약 95%를 처리하고 있다.

15) 그 외 매출액은 터미널 내에서 발생하는 임대, 보관, 운송 등 기타 서비스 제공에 의한 수입이 발생하는 경우임(각 운영사 재무제표에 하역수입과 기타수입이 구분되어 명시된 것을 참조하였으며, 실무 전문가 자문을 통해 확인함)

부산항은 2017년 기준 전국 컨테이너화물의 약 74.6%인 2,050만 TEU를 처리하였다. 터미널 운영사별로 살펴보면, PNC(2부두)가 부산항 전체 물동량의 22.1%인 453만 TEU를 처리하여 가장 높은 비중을 보이고 있으며, 이는 단일 터미널 기준으로 국내에서 가장 많은 물량이다. 그 다음으로 BPT(신선대·감만부두)가 355만 TEU로 21.1%를 처리하였다. 그 외 PNIT(1부두)는 13.1%(269만 TEU), HJNT(3부두)는 10.8%(222만 TEU)를 기록하였다. 부산항 신항 개장 이후 부산항 북항의 물동량이 점차 신항으로 이전하면서 북항의 컨테이너 물동량은 감소하고 있는 반면, 신항의 물동량은 지속적으로 증가하고 있다.

인천항은 2017년 기준 전국 컨테이너 물동량의 11%인 305만 TEU를 처리하여 국내에서 두 번째로 많은 컨테이너화물을 처리하였다. 부두별로는 ICT가 24.5%(75만 TEU), E1CT가 10.8%(33만 TEU) 수준이며, 최근 개장한 SNCT와 HJIT가 각각 27%(83만 TEU), 21.8%(66만 TEU) 처리 비중을 보이고 있다. 최근 인천항은 2015년 인천항 신항이 개장함에 따라 기존 남항의 SICT는 운영을 중단하였고 그 물동량은 SNCT로 이전되었다. 또한 내항의 CJ대한통운이 운영하던 컨테이너터미널 역시 2017년 3월부터 컨테이너 사업을 중단하면서 운영이 멈췄다.¹⁶⁾

그 외 광양항은 2017년 기준 223만 TEU를 처리하여 전국 컨테이너 물동량의 8.1%를 처리하였으며, 평택·당진항은 2.3%인 64만 TEU, 울산항은 1.7%인 47만 TEU를 기록하였다.

16) 경인일보(검색일: 2018. 10. 11.)

〈표 2-2〉 국내 컨테이너터미널 운영사별 물동량 현황

단위: 천 TEU/년

항만	부두명	운영회사	물동량(2007~2017)		
			2007	2012	2017
부산항	자성대부두	한국허치슨터미널(주)(HBCT)	2,274	1,286	2,073
	신선대부두	부산항 터미널(주)(BPT)	2,400	2,372	3,547
	감만부두		2,842	1,628	
	신감만부두	동부부산컨테이너터미널(주)(DPCT)	1,250	1,141	943
	신항1부두	부산신항국제터미널(주)(PNIT)	-	1,220	2,689
	신항2부두	부산신항만(주)(PNC)	1,363	3,280	4,531
	신항3부두	한진부산컨테이너터미널(주)(HJNC)	-	2,442	2,219
	신항4부두	PSA-현대부산신항만(주)(PSA+HPNT)	-	1,988	2,069
	신항5부두	(주)비엔씨티(BNCT)	-	459	1,940
광양항	2-1단계	SM상선광양터미널(주)(SMGT)	508	662	551
	2-2단계	한국국제터미널(주)(KIT)	394	680	876
	3-1단계	CJ대한통운(주)	467	805	805
인천항	인천 남항	인천컨테이너터미널(주)(ICT)	404	601	748
		(주)E1컨테이너터미널(E1CT)	-	149	330
		CJ대한통운(주)		389	10
		(주)선광인천컨테이너터미널(SICT)	405	369	-
	인천 신항	(주)선광신컨테이너터미널(SNCT)	-	-	826
		한진인천컨테이너터미널(주)(HJIT)	-	-	665
군산항	6부두	군산컨테이너터미널(주)(GCT)	14	37	31
평택·당진항	동부두 #6~9	(주)평택컨테이너터미널(PCTC)	8	288	331
	동부두 #14~16	평택동방아이포트(주) (PNCT)	-	107	197
울산항	울산신항	유엔씨티(주)(UNCT)	-	239	305
	정일컨테이너부두	정일울산컨테이너터미널(주)(JUCT)	325	133	160
목포항	신 항	목포신항만운영(주)	71	105	133
포항항	영일만	포항영일신항만(주)	-	143	101
마산항	제4부두	CJ 대한통운(주)	29	8	18
	가포 신항	마산아이포트(주)			

항만	부두명	운영회사	물동량(2007~2017)		
			2007	2012	2017
대산항	제4부두	대산항만운영(주)	8	62	110
경인항	인천터미널	SM상선경인터미널(주)	-	10	21
	김포터미널	김포터미널(주)			
11개		29개			

주: 1) 각 컨테이너 운영사별 처리물동량임으로 전체 항만의 처리 물동량과 차이 있을 수 있음(각 항만의 기타 부두는 제외)

2) 광양항 1단계의 경우 4개 선석에서 2개 선석이 잡화부두로 기능변경

3) 인천 내항 4부두는 기존 부두 이동으로 물량 거의 없음, 김포터미널은 현재 운영이 중단됨

4) 광양항 2-1단계는 2016년 이전 HSGT에서 운영하였으나, 현재 SM상선광양터미널(주)로 운영사 변경됨

5) 목포항, 마산항, 경인항은 개별 터미널 운영사별 처리물동량 자료 부재하여 전체 항만에 대한 물동량 자료임(통합 PORTMIS 통계자료 참조)

자료: 각 항만청 및 항만공사 통계자료; 해양수산부, 『항만업무편람』, 2017c; 여수광양항만공사, 「2016년 여수항·광양항 화물 주요 통계」, 2016; <https://new.portmis.go.kr>(검색일: 2018. 10. 15) 참조하여 저자 작성

2) 컨테이너터미널 운영사별 시설·장비 현황

우리나라 컨테이너터미널은 1978년 부산 자성대 부두에 총 4개 선석 구축을 시작으로 물동량이 증가함에 따라 지속적으로 개발되어 왔다. 현재 단일 터미널로는 부산항 신항의 PNC(2부두)가 6선석 2,000m 규모로 가장 큰 터미널이며, 그 외 터미널은 1~4개 선석으로 구성되어 운영하고 있다.

선석 수, 선설 길이 등 접안능력과 장치장(야드, CY) 크기에 따라 야드 장비 운용 범위가 결정되며, 최종적으로는 하역능력을 결정한다. 임대터미널의 경우 일반적으로 터미널 면적에 따라 임대료를 지불하게 되며, 운용되는 장비와 시설에 대해서도 감가상각 형태로 매년 비용

으로 처리하고 있다. 또한 장비, 건물, 기타 시설에 대한 동력비 등의 운영비도 발생하게 된다. 컨테이너터미널의 대다수 인력 역시 장비 운용 및 하역작업에 투입되며 이들의 인건비도 비용으로 발생한다.

〈표 2-3〉 국내 컨테이너터미널 운영사별 시설·장비 현황

단위: 천TEU/년

항만	부두명	운영회사	시설 현황(2017년 기준)					하역 능력
			선석길이 (m)	선석수 (개)	Q/C	T/C	TGS*	
부산항	자성대부두	한국하치슨터미널㈜(HBCT)	354	5	14	33	10,484	1,772
	신선대부두	부산항터미널㈜(BPT)	1,900	6	26	72	24,500	3,836
	감만부두		(1,500)	(5)	(15)	(42)		
	신감만부두	동부부산컨테이너터미널 ㈜ (DPCT)	826	3	7	19	6,083	819
	신항1부두	부산신항국제터미널㈜ (PNIT)	1,200	3	11	36	12,354	1,904
	신항2부두	부산신항만㈜(PNC)	2,000	6	21	69	21,112	3,363
	신항3부두	한진부산컨테이너터미널 ㈜ (HJNC)	1,100	3	12	42	11,940	2,108
	신항4부두	PSA-현대부산신항만㈜ (PSA-HPNT)	1,150	4	12	38	10,031	1,760
	신항5부두	㈜비엔씨티(BNCT)	1,400	4	11	42	14,382	2,240
광양항	2-1단계	SM상선광양터미널㈜ (SMGT)	1,150	4	10	42	8,622	1,120
	2-2단계	한국국제터미널㈜(KIT)	1,150	4	6	20	8,622	1,120
	3-1단계	CJ대한통운㈜	1,400	4	10	42	14,962	1,600
인천항	인천 남항	인천컨테이너터미널㈜ (ICT)	600	2	5	14	4,956	552
		(주)E1컨테이너터미널 (E1CT)	259	1	2	6	1,791	210
		CJ대한통운㈜	221	2	-	-	-	108
		㈜선광인천컨테이너 터미널(SICT)	407	2	4	14	1,326	240

항만	부두명	운영회사	시설 현황(2017년 기준)					하역 능력
			선석길이 (m)	선석수 (개)	Q/C	T/C	TGS*	
인천항	인천 신항	(주)선광신컨테이너터미널 (SNCT)	800	1	7	28	8,389	551
		한진인천컨테이너 터미널(주)(HJIT)	800	1	7	28	8,736	538
군산항	6부두	군산컨테이너터미널(주)	480	2	2	-	5,534	304
평택 당진항	동부두 #6~9	(주)평택컨테이너터미널 (PCTC)	1,040	4	4	9	6,998	684
	동부두 #14~16	평택동방아이포트(주)(PNCT)	720	3	2	4	4,688	580
	울산신항	유엔씨티(주)(UNCT)	920	4	4	11	4,343	692
울산항	정일컨네 이너 부두	정일울산컨테이너 터미널(주)(JUCT)	220	1	3	5	1,747	225
목포항	신 항	목포신항만운영(주)	500	2	2	5	3,374	240
포항항	영일만	포항영일신항만(주)	500	2	2	5	7,512	260
마산항	제4부두	CJ 대한통운(주)	500	2	1	-	950	120
	가포 신항	마산아이포트(주)	480	2	2	7	260	280
대산항	제4부두	대산항만운영(주)	250	1	2	-	980	100
경인항	인천터미널	SM상선경인터미널(주)	350	2	-	-	2,200	154
	김포터미널	김포터미널(주)	125	2	-	-	1,400	110
11개		29개						

- 주: 1) 광양항 1단계의 경우 4개 선석에서 2개 선석이 잡화부두로 기능변경
 2) 인천신항 1~1은 1,600m 선석을 한진(HJIT)과 선광(SNCT)이 800m씩 개발하여 운영하고 있음,
 해당 하역능력 수치는 2020년 추정 수치임
 3) 부산항터미널(주)(BPT)의 경우, 통합 이후 감만터미널과 신선대 터미널을 합한 시설규모와 하역능력
 임. 괄호 안은 2016년까지 신선대 부두에만 해당되는 수치임
 4) TGS는 해양수산부(2015)에 명시된 수치임
 *TGS: Twenty Ground Slot으로 20ft 컨테이너 1개가 놓이는 바닥 면적을 의미
 5) 목포항 신항, 포항항 신항, 마산항 가포신항의 경우, 기존 컨테이너터미널의 기능변경으로 컨테이너
 터미널 규모가 축소됨에 따라 현재 컨테이너터미널로 운영되는 선석길기와 선석 수를 표시함
 자료: 각 운영사 홈페이지 및 내부자료(수집)를 우선적으로 참조하되, 부재한 자료는 해양수산부, 『제3차
 전국 항만기본계획 수정계획』, 2016a; 해양수산부, 『컨테이너항만 적정하역능력 재검토 용역』,
 2015; 해양수산부, 『항만업무편람』, 2017c 참조하여 저자 작성

우리나라 컨테이너항만은 지속적인 컨테이너부두 개발로 시설확보율이 꾸준히 증가해왔으며(〈표 2-4〉 참조), 현재 부산항과 인천항을 제외하면 대부분의 컨테이너항만은 처리물동량 대비 하역능력이 상당히 높은 수준이다(〈표 2-5〉 참조). 이러한 현상은 물동량 유치 경쟁에 노출되어 터미널 운영사로 하여금 효과적인 항만 운영을 어렵게 하고 있으며, 장비, 인력의 투입 효과를 100% 누리지 못하게 하므로 비용 상의 비효율이 발생할 수밖에 없다.

이에 따라 향후 물동량 증가와 항만 개발 여건을 신중히 고려하여 수요와 공급의 균형이 이루어질 수 있도록 컨테이너부두 기능 조정, 신규 터미널 공급 조절 등의 조치가 필요할 것으로 보인다.

〈표 2-4〉 전국 컨테이너터미널 시설확보율 현황

단위: 천TEU/년

구분	1992	2002	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
총물동량	2,973	11,890	16,341	19,369	21,611	22,550	23,469	24,798	25,119	26,005
선석 수(개)	13	36	66	85	84	88	88	86	88	88
하역능력	1,460	8,828	18,208	21,268	23,260	22,960	24,237	24,405	27,869	28,547
시설확보율 (%)	49.1	74.2	111.4	109.8	107.6	101.8	103.3	98.4	110.9	109.8

자료: 해양수산부, 『항만업무편람』, 2017c, p. 367

〈표 2-5〉 컨테이너항만별 시설확보율 현황(2016년)

단위: 천TEU/년

구분	부산항	광양항	인천항	울산항	군산항	마산항	평택당진항
총물동량 (시설요소)	19,456	2,250	2,680	423	57	16	623
하역능력	19,131	3,840	1,952	1,187	304	260	1,064
시설확보율 (%)	98.3	170.7	72.8	280.7	537.4	1,558.8	170.7

주: 2016년 기준 수치임

자료: 해양수산부, 『항만업무편람』, 2017c, p. 364

제2절 국내 컨테이너항만의 비용 특성 분석

1. 국내 컨테이너터미널 운영사의 비용 및 생산항목 분류

1) 비용항목 분류

컨테이너터미널은 컨테이너 하역서비스를 제공하는 것을 주요 목적으로 한다. 이에 따라 크레인, 야드 이송장비 등의 장비를 활용하고, 그 장비를 운영하기 위한 인력을 투입하고 있다. 또한 터미널 부지 임대 또는 개발비를 비용으로 환산해 지불하고 있으며, 그 밖에 터미널 운영에 필요한 전기 또는 유류비, 장비 및 인력의 보험료, 임차료, 수선비, 유지관리비 등의 다양한 운영비가 발생하기도 한다. Tovar, Jara-Diaz, and Trujillo(2003), 김민정·김제철(2005) 등 비용함수를 추정한 선행연구에서는 비용항목으로 인건비와 자본비를 공통적으로 사용하고 있으며, 그 외 부가적으로 발생하고 있는 비용에 대해서는 운영비 또는 기타 비용으로 분류하고 있다.

따라서 선행연구에서 주요하게 다루고 있는 인건비와 자본비를 본 연구에서도 비용함수 도출을 위한 변수로 활용하였다. 그 외 Tovar, Jara-Diaz, and Trujillo(2003)과 같이 터미널 운영사의 총비용에서 높은 비중을 차지하고 있는 임대료(임대터미널의 경우) 또는 관리운영권(민자터미널의 경우)도 자본비 내에서 별도로 구분할 필요성이 있다고 판단하였으며, 기타비용은 운영비로 분류하였다.¹⁷⁾ 아래는 각 비용요인에 대한 구체적인 항목과 실제 터미널 운영사에서 비용을 처리하는 방법에 대해 설명하고 있다.¹⁸⁾

17) 이와 같은 분류에 대해서는 회계법인의 전문가, 터미널 운영사의 실무전문가를 통해 3회 검증과정을 거침

(1) 인건비

인건비 요인은 컨테이너 하역 및 이송 작업에 투입되는 현장 인력과 운영 및 관리를 위한 사무직원으로 구분된다. 이들의 비용은 재무제표에서 급여, 퇴직급여 및 복리후생비를 포함하는 '제급여'로 나타난다. 또한 터미널 운영사에서 직접 고용하지 않고 외부 용역업체에 고용된 인력을 활용하기도 한다. Tovar, Jara-Diaz, and Trujillo(2003)¹⁹⁾은 터미널 운영에서 발생한 비용요인 중 인건비 비중이 53%를 차지하여 가장 영향력이 큰 항목이라고 언급하고 있다.

대다수 터미널에서 일부 현장투입 인력은 물동량 혹은 작업량에 근거하여 고용되고 작업량(업무량)에 따라 임금이 지불되고 있다. 이는 '외부용역비'로 분류된다. 이러한 외부용역비는 직접고용에 따른 급여 형태로 나타나지 않으나 기업 회계구조에서 매출원가 중 하나로 발생한다. 한편, 부산항, 인천항, 평택항 등에서는 항운노동조합을 통해 상용화된 항만노무인력(직접 고용 형태)을 투입하고 그 외 일부 터미널은 도급제로 필요 인원을 고용하고 있다. 이러한 인력 운용 방식과 해당 인건비의 회계처리 방식은 개별 터미널별로 차이를 보이고 있다.²⁰⁾

본 연구에서는 각 연도별 재무제표상에 나타난 제급여와 외부용역비 전체 총액을 도출하여 인건비 항목으로 활용하였다. 개별 터미널 운영사마다 인건비에 대한 회계처리를 달리하고 있으나 일반적인 사항을 반영하여 직접 고용, 즉 상용화된 관리 및 현장직원에 대해서는 제급여, 외부업체에서 고용된 인력에 대한 외주용역비로 구분하였다.

18) 각 터미널 운영사의 공시된 금융감독원 전자공시시스템 재무제표 중 손익계산서와 그 주석을 참조하였으며, 회계법인 전문가의 자문을 통해 작성

19) Tovar, Jara-Diaz, and Trujillo(2003), p. 12

20) 터미널 운영사 자문회의(개최일: 2018. 10. 26) 내용 참조

(2) 자본비

가. 임대료

임대터미널은 항만관리주체로부터 선석과 장치장에 해당하는 부두공간을 임대받아 운영하며 그 대가로 임대료를 지불한다. 재무제표상에서는 ‘리스임대료’ 항목으로 나타난다. 다만 임대료는 전적으로 터미널 계약 면적에 따라 결정되지는 않는다. 터미널 운영사와 임대주체(항만공사 등)의 계약관계, 경기변동, 계약 시 터미널 환경 등 다양한 요인에 의해 영향을 받기도 하며, 물가상승률에 따라 매년 증가하기도 한다.²¹⁾ 민자터미널이 필요에 따라 정부가 소유하고 있는 터미널 부지, 건물 등을 임대한 경우 임대료 명목으로 국가에 비용을 지불하기도 한다.

나. 관리운영권

민자터미널은 민간업체가 정부로부터 항만개발사업 시행자로 선정되어 직접 투자·개발을 통해 건설되는 부두이다. 따라서 항만건설에 투자된 비용을 인정받으며, 회계 상 ‘관리운영권’ 항목으로 분류하여 자본비와 같이 무형자산으로 간주된다. 이는 장기간 정해진 연수(year)를 적용하여 감가상각하여 비용으로 처리하고 있다.²²⁾

개발 방식에 있어 상부시설, 하부시설을 정부와 민간기업이 독립적으로 투자·개발하기도 한다. 이러한 경우, 임대한 부분에 해당되는 것은 임대료로 지불하되 직접 투자와 개발이 이루어져 소유권이 있는 터미널 시설은 해당 부분만 관리운영권 형태로 감가상각하여 비용으로 간주한다.

21) 터미널 운영사 자문회의(개최일: 2018. 5. 3.) 내용 참조

22) 부산항 신항의 BNCT(5부두)는 29년, 포항 영일만항 포항영일신항만(주)는 50년, 마산 가포신항 마산아이포트(주)는 30년의 감가상각 기간을 적용하고 있음

다. 유·무형자산

자본비에 해당되는 유·무형 자산은 터미널 운영사가 하역작업을 수행하기 위해 투자한 시설, 장비, 무형의 소프트웨어 등을 구입하거나 개발한 투자비용이다. 이는 유형자산과 무형자산으로 구분할 수 있다.

임대터미널의 경우, 상·하부시설에 대한 임대료를 지불하되, 하역 장비는 운영사의 투자 자본으로 마련하고 있는 경우가 많다. 민자터미널 역시 하역장비를 직접 투자하여 마련한다.

자본비에 포함되는 시설에는 다양한 종류가 있으나, 하역장비에 해당하는 비용의 비중이 가장 크다. 그중 대부분의 비용은 안벽크레인(Gantry Crane: G/C)과 야드크레인(Transfer Crane)으로 컨테이너 하역에 필수적인 요인이다.²³⁾ 그 외 야드 트랙터(Yard Tractor), 스트레들캐리어(Straddle Carrier), 리치스택커(Reach Stacker) 등의 야드 운송장비가 포함된다. 이들은 처리물동량 등 항만 운영환경에 따라 운용규모가 달라지며, 일반적으로 취득(구매) 방법으로 비용이 발생한다.

이러한 자본비에 해당되는 구축물은 터미널 개장 초기 큰 자본이 투자되고 있으며, 이를 취득한 해에 한 번에 비용으로 처리하지 않고 세법에 따라 시설/장비별 규정된 연수, 즉 ‘내용연수’를 적용하여 감가상각비로 처리하고 있다. 경우에 따라서는 직접 취득이 아닌 임차를 통해 하역에 투입될 수 있으며, 이 경우에는 자본비가 아닌 임차료로 운영비에 귀속된다.

23) Gantry Cran(G/C) 또는 Quay Cran(Q/C) 로 불리나 본 연구에서는 Q/C로 통일하여 사용함.
또한 야드에 장착된 크레인 또한 RMCG, RTGC 등 여러가지 종류가 있으며 Yard Crane(Y/C)
또는 Transfer Crane(T/C)으로도 불림. 이 경우도 T/C로 통일함

〈표 2-6〉 유형자산 감가상각을 위한 내용연수 예시

구분	건물	구축물	하역장비	기계장치	통신기기	차량운반구 등
내용연수	40년	20년, 40년	8년, 10년, 20년	8년	4년	4년

주: 장비별, 항만별 다르게 적용

자료: 부산신항만(PNC) 재무제표; <http://dart.fss.or.kr>(검색일: 2018. 4. 4.)

컨테이너터미널 운영을 위해서는 위에서 언급한 하역장비 외에도 많은 종류의 장비와 시설물이 투입된다. 건물, 차량 및 기계(일반 관리용)의 투자비용도 자본비에 귀속된다. 이 중 본 연구에서는 하역작업과 직접적으로 관련되고 큰 비용으로 발생하는 하역장비에 대한 자본비만을 고려하여 연구를 수행하였다. 즉, Q/C, T/C, Y/T, R/S 등이 자본비에 포함되었으며, 그 외 관리운영에 관련되는 건물, 차량운반구, 기계장치, 무형소프트웨어 등에 해당하는 비용은 제외하였다.

(3) 운영비

Tovar, Jara-Diaz, and Trujillo(2003), 김민정·김제철(2005)과 같은 선행연구에서는 주요 비용항목인 인건비, 임대료, 자본비 등을 제외한 모든 발생비용을 기타 또는 운영비 항목으로 별도 분리하였다. 여기에는 수도광열비, 동력비(전기 및 유류), 교육훈련비, 수선비, 보험료 등이 포함된다. 본 연구에서는 동력비 및 기타 운영비 전부를 포함하여 운영비로 정의하였다. 즉, 앞서 정의한 인건비와 자본비를 제외한 모든 비용은 운영비에 포함된다.

대다수 항만에서는 운영비 중 하역장비를 운영하는 데 소모되는 전기 및 유류에 해당되는 동력비가 높은 비율을 차지하고 있으며, 장비에 대한 보험료, 장비 유지보수 비용도 비교적 높은 운영비로 발생

한다. 이러한 비용은 터미널에서 운용되는 장비의 특성에 따라 다르게 나타날 수 있다. 즉, 자동화된 장비 투입 대수 등에 따라 달라진다. 대부분 터미널에서 운영비는 앞서 분류한 인건비, 자본비 대비 낮은 수준이다.

2) 생산 투입요소 분류

〈표 2-7〉과 같이 생산함수를 이용하여 항만의 효율성을 분석한 연구는 비교적 많이 진행되었으며, 각 연구에서는 항만의 생산성 분석을 위해 다양한 투입요소가 사용되고 있다. 이러한 투입요소는 물리적인 요소로 비용요인보다 자료의 확보가 용이한 장점이 있다. 연구에 주로 활용되는 투입요소는 선석 수 및 선석길이, 터미널 총면적 혹은 야드 면적, 투입 인력, 갠트리크레인(G/C), 야드크레인(T/C) 등의 하역장비 투입 대수가 대표적이다.

〈표 2-7〉 항만 생산함수 추정에 관한 선행연구

연구자	투입요소	산출물	분석 대상
Tongzon (2001)	선석수, 크레인수, 예인선수, CY면적, 대기시간, 종사자 수	컨테이너 처리량, 선박작업율	전 세계 16개 컨테이너항만
Turner et al.(2004)	선석길이, 터미널 면적, 크레인대수	컨테이너 처리량	북미 26개 항만
송재영 (2004)	선석수, 총면적, G/C장비, 야드장비, CFS 면적, 평균 작업시간	컨테이너 처리량	세계 53개 컨테이너 항만
류동근 (2005)	종업원수, 부두길이, 부두면적, G/C대수	컨테이너 처리량, 연간선석점유율, 컨테이너 내장화물톤수	부산, 광양의 2002~2004 컨테이너터미널

연구자	투입요소	산출물	분석 대상
나호수 (2008)	하역능력, CY면적, 부두안벽길이, 접안능력	외항화물, 내항화물	부산, 광양, 인천, 울산, 포항
모수원 (2010)	CY 면적, G/C 대수	컨테이너 처리량	부산, 광양 컨테이너터미널
박홍균 (2011)	CY면적, G/C대수, T/C대수, Y/T대수	환적물동량	부산, 광양 11개 컨테이너터미널
방희석 (2011)	선석길이, 평균수심, 크레인수, 터미널 면적	컨테이너 처리량	전 세계 76개 항만

자료: 박호·김동진, 「국내 주요 4대 컨테이너항만의 효율성 및 결정요인 분석」, 『한국항만경제학회지』, 제28권, 제3호, 2012, p. 17

(1) 인력

비용항목의 인건비에 해당되는 총 인력을 포함하는 것으로 운영·관리 인력과 현장투입 인력 모두를 포함한 고용인력 수를 의미한다. 이에 비용항목 중 비교적 큰 비중을 차지하는 외부용역비 항목으로 고용된 인력도 구분하여 함께 고려하였다.

(2) 임대시설

비용항목의 자본비 중 임대료 또는 관리운영권 명목으로 비용이 발생하며, <표 2-7>과 같이 선행연구에서는 터미널 전체 면적 또는 야드(CY) 면적, 선박이 접안 가능한 선석길이 및 선석 수 등으로 생산요소 투입량을 측정하였다. 임대시설은 임대터미널에서만 나타나는 비용이나 민자터미널은 터미널 개발비에 상응하는 비용인 관리운영권으로 도출된다. 따라서 본 연구에서는 임대료 또는 관리운영권에 해당되는 지표로서 터미널 전체 면적(㎡), 터미널 안벽 길이(m)를 임대시설에 대한 생산요소 변수로 활용하였다.

(3) 운영설비

운영설비는 하역작업에 투입되는 시설장비로서 주로 설치된 안벽 크레인(Q/C) 및 야드크레인(T/C) 대수, 투입된 야드 트랙터(Y/T), 야드 샷시(Y/C), 리치스택커(R/S), 포크리프트(F/L) 대수 등이 해당된다. 그중 안벽크레인(G/C) 및 야드크레인(T/C)은 많은 선행연구에서도 공통적으로 사용하였다. 이는 모든 터미널에 공통적으로 적용 가능하고 항만의 규모 및 처리 물동량과 뚜렷한 대응관계를 보이고 있기 때문인 것으로 판단된다.

3) 산출물

컨테이너터미널 운영사는 컨테이너 하역서비스를 제공함에 따라 발생하는 하역료를 주 매출원으로 하고 있다. 하역수입은 연간 해당 터미널에서 처리된 컨테이너 처리량(TEU)을 기준으로 산정할 수 있다. 다만 컨테이너만을 처리하는 컨테이너 전용터미널인 경우에만 적용이 가능하다는 가정이 필요하다.

일부 컨테이너터미널 운영사는 항만 내 건물 또는 시설에 대한 임대료, 창고운영으로 인한 보관료, 접안료 등 그 외 부대 서비스 등을 제공함에 따라 부대수입이 발생하고 있으나, 대체적으로 하역수입이 주요 매출원으로 발생한다. 따라서 연간 컨테이너 처리량을 컨테이너터미널 운영사의 산출물로 사용하였다.

〈표 2-8〉 비용, 생산, 산출물 주요 변수

구분	변수	세부항목	개념
비용 변수	인건비	• 제급여(급여, 퇴직금, 복리후생비 포함) • 외부용역비	• 컨테이너 하역 및 이송 작업에 투입되는 현장 인력과 운영 및 관리를 위한 사무직원에 대한 급여, 퇴직급여 및 복리후생비 • 터미널 상근직원이 아닌 경우 외부용역비로 발생
	자본비	• 하역장비	• 터미널 운영사가 하역작업을 수행하기 위해 투자한 시설, 장비, 무형의 소프트웨어 등에 대한 비용
		• 리스임대료 • 또는 관리운영권	• 임대터미널: 항만관리주체로부터 항만부지를 임대받아 운영하는 대가 • 민자터미널: 항만건설에 투자된 전체 비용
	운영비	• 동력비 • 그 외 기타 운영비	• 인건비, 자본비를 제외한 모든 발생비용
생산 변수	인력	• 관리 인력(제급여) • 현장 인력(외부용역비)	• 컨테이너 하역 및 이송 작업에 투입되는 현장 인력과 운영 및 관리를 위한 사무직원
	임대시설	• 터미널 전체 면적 • 선석길이 및 선석수	• 임대료 또는 관리운영권으로 지급되는 비용에 해당하는 시설물
	운영설비	• 안벽크레인 • 야드크레인 • 야드트랙터 등	• 하역작업에 투입되는 시설장비
산출물	컨테이너 처리량	• 컨테이너 연간 처리량	• 터미널 운영사가 연간 처리한 컨테이너 물량

주: 각 변수 요인 중 본 연구에 활용되는 것만 표시함

자료: 저자 작성

2. 비용 및 생산 자료 구축

1) 자료 수집 개요

(1) 요인별 수집 자료

가. 비용변수 자료

비용함수 도출을 위한 기본 자료는 각 터미널 운영사의 재무제표상의 비용 즉, 매출원가 및 판매관리비(이하 판관비)를 활용하였다.²⁴⁾ 우리나라 법인기업은 외부감사 대상 규모인 경우 금융감독원 전자공시시스템(DART)에 공시하도록 의무화되어 있는데, 본 연구의 대상기업 29개 중 19개는 공시가 되어 있는 상황이다. 그 외 10개 기업은 기업 규모 및 기타 이유 등으로 재무제표가 공시되어 있지 않다.²⁵⁾

또한 광양항, 인천항, 마산항에서 터미널을 운영하고 있는 CJ대한통운(주)은 국내 대형 물류업체로서 각 터미널 운영과 관련된 사항 및 운송, 보관 등 타 사업영역에 대한 모든 회계 자료를 연결재무제표로 공시하고 있어 각 터미널별 하역에 대한 개별적 비용요인에 대한 자료를 확보하기 곤란하다. 한국허치슨터미널(주)의 경우, 과거 부산항의 자성대터미널, 감만터미널 1선석 및 광양항 일부 선석을 운영하면서 통합된 재무제표를 공시하였으며, 현재는 감만터미널 1개 선석과 광양항 터미널의 운영권을 반납한 상태로 자성대 터미널만 운영

24) 컨테이너터미널 운영사는 하역서비스 제공을 주요 매출로 하며, 제조기업과는 달리 서비스를 제공하는 측면이 강하기 때문에 전문가 논의를 통해 총비용을 도출하는 데 판관비를 포함하는 것이 바람직하다고 판단함. 이에 대한 자세한 내용은 이후 “수집자료 분석을 위한 가정” 부분에서 자세히 서술하였음

25) 광양항 SM상선광양터미널(주), 인천항 (주)E1컨테이너터미널과 (주)선광인천컨테이너터미널, 군산항 군산컨테이너터미널(주), 대산항 대산항만운영(주), 경인항 SM상선경인터미널(주), 김포터미널(주), 광양, 마산, 인천의 CJ대한통운 3개지점 포함 총 10개임

하고 있는 실정이다. 따라서 이와 같은 경우에는 비용과 시설에 대해 분리된 재무제표를 확보할 수 있는 조건에 한하여 자료로 활용하였다.

나. 생산변수 자료

생산변수 항목 자료에 대해서는 항만물류협회(사)에서 매년 항만 하역사업자를 대상으로 항만물류 인력 및 장비현황을 조사하여 발간하고 있는 ‘항만하역요람’을 우선적으로 활용하였다. 해당 자료는 운영사가 자발적으로 항만물류협회에 제공하는 정보로 그 신뢰성이 확보된다고 판단하였다.

반면, 조사 시 작성 및 보고에 대해 기본적인 기준이 있다 하더라도 일부 조사 과정에서 기준이 상이할 수 있으므로, 해당 자료에서 일관성을 확보할 수 없는 자료는 해양수산부에서 발행한 ‘항만편람’ 등의 보조적인 자료를 참조하고, 일부는 터미널 운영사를 통해 직접 요청하여 확인하는 방법을 사용하였다.

다. 산출물 자료

항만관리주체인 항만공사 및 각 지방해양수산청은 해당 컨테이너 터미널에서 처리한 물동량(TEU) 실적을 통계자료로 제시하고 있다. 본 연구에서 산출물 자료로 사용한 컨테이너 처리량은 터미널 개장 시기부터 2017년까지 통계자료를 바탕으로 파악하였다. 통계자료가 공시되지 않은 터미널의 경우, 각 항만공사와 지방해양수산청으로부터 확보하였다.

(2) 자료 수집의 한계

각 터미널 운영사의 재무제표상에 있는 비용 자료는 기본적으로 매출액, 매출원가, 판관비 형태로 구성되어 있다. 이 중 제급여, 임대료, 감가상각비 등 각 항목별 매출원가에 대한 사항은 일부 주석으로 제공되고 있으나, 본 연구에서 활용될 수 있는 수준은 아니다. 즉, 누락된 항목이 상당히 많고 공시 자료에도 통일성이 없으며 일부 터미널은 매출원가와 판관비를 분리하지 않아 전체적으로 일관성 있는 자료를 확보하기 어려운 것으로 판단하였다.

또한 생산변수의 경우 광양항, 울산항, 마산항 등은 항만물류협회(사)에 가입되어 있지 않은 회원사가 다수 존재하여 일부 터미널 운영사의 자료 전체가 누락되어 있다. 특히 본 연구에서 중요하게 고려하고 있는 인력에 대해 통일된 기준을 적용한 자료를 확보할 수 없었다.

2) 자료수집 방법

결론적으로 자료 수집을 위해서는 공시된 자료를 활용하는 대신 터미널 운영사에서 본 연구 목적에 맞는 기준으로 분류된 자료를 직접 요청하여 연구에 활용하였다. 이를 위해 각 터미널의 비용변수, 생산변수를 터미널 운영사별, 연도별로 분류하여 그 금액 또는 현황을 파악할 수 있도록 조사표를 작성하였다.

〈그림 2-2〉 조사표 개요

[1] 손익계산서

항목	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
①-1 제급여	고용직원(현장조관리인력) 전체의 급여상여/퇴직급여/복리후생비										
①-2 외주용역비	고용인원 외 외주용역비 전체										
②-1 부두임차료	임대부두의 부두임차료										
②-2 관리운영권	민자부두의 관리운영권의 매년 감가상각비										
③-1 감가상각비	보유장비의 당해연도 감가상각비										
③-2 지급임차료	보유장비의 당해연도 임차료(리스 포함)										
④ 통관비	전기, 유류비 전체										
⑤ 그 외 영업비용	위의 ①~④ 항목을 제외한 전체 비용										
⑥ 총비용	매출원가 + 판매관리비 총합										

[2] 인력현황

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
고용인력(명)											
외주용역인력(명)											
합계(명)											

[3] 부두현황

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
안벽길이(m)											
총면적(m ²)											

[4] 보유장비 현황

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Q/C	보유대수										
	취득여부 취득 임차(리스 포함)										
T/C	보유대수										
	취득여부 취득 임차(리스 포함)										
Y/T	보유대수										
	취득여부 취득 임차(리스 포함)										
R/S	보유대수										
	취득여부 취득 임차(리스 포함)										
Y/C	보유대수										
	취득여부 취득 임차(리스 포함)										
F/L	보유대수										
	취득여부 취득 임차(리스 포함)										

자료: 저자 작성

전체 터미널 운영사를 대상으로 항만물류협회(사)를 통해 조사표를 발송하였으며, 회원사로 가입되어 있지 않은 곳은 이메일로 직접 조사표를 개별 발송하였다. 해당 조사는 2018년 6월~7월에 걸쳐 진행되었다.

3) 자료수집 결과

자료수집 결과 <표 2-9>와 같이 전체 29개 터미널 운영사 중 13개사의 자료를 확보하였다. 수집된 13개사 중에는 우리나라 물동량의 75% 이상을 차지하는 부산항의 모든 터미널이 포함되어 있으며, 그 밖에 광양항의 한국국제터미널(주), 인천항의 인천컨테이너터미널(주)와 E1컨테이너터미널이 포함되었다.

<표 2-9> 자료 확보 현황

항만	부두명	운영회사	자료확보 방법	
			공시자료	KMI 조사
부산항	자성대부두	한국허치슨터미널(주) (HBCT)	○	●
	신선대부두	부산항터미널(주)(BPT)	○	●
	감만부두			
	신감만부두	동부부산컨테이너터미널(주) (DPCT)	○	●
	신항1부두	부산신항국제터미널(주) (PNIT)	○	●
	신항2부두	부산신항만(주) (PNC)	○	●
	신항3부두	한진부산컨테이너터미널(주) (HJNC)	○	●
	신항4부두	PSA-현대부산신항만(주) (PSA-HPNT)	○	●
	신항5부두	(주)비엔씨티 (BNCT)	○	●
광양항	2-1단계	SM상선광양터미널(주) (SMGT)	X	X
	2-2단계	한국국제터미널(주)(KIT)	○	●
	3-1단계	CJ대한통운(주)	X	제외
인천항	인천 남항	인천컨테이너터미널(주)(ICT)	○	●
		(주)E1컨테이너터미널(E1CT)	X	●
		CJ대한통운(주)	X	제외
		(주)선광컨테이너터미널(SICT)	X	제외

항만	부두명	운영회사	자료확보 방법	
			공시자료	KMI 조사
인천항	인천 신항	선광신컨테이너터미널(주)(SNCT)	○	●
		한진인천컨테이너터미널(주)(HJIT)	○	●
군산항	6부두	군산컨테이너터미널(주)(GCT)	X	●
평택·당진항	동부두 #6~9	(주)평택컨테이너터미널(PCTC)	○	●
	동부두 #14~16	평택동방아이포트(주) (PNCT)	○	●
울산항	울산신항	유엔씨티(주)(UNCT)	○	●
	정일컨테이너부두	정일울산컨테이너터미널(주)(JUCT)	○	●
목포항	신항	목포신항만운영(주)	○	제외
포항항	영일만	포항영일신항만(주)	○	제외
마산항	제4부두	CJ 대한통운(주)	X	제외
	가포 신항	마산아이포트(주)	○	제외
대산항	제4부두	대산항만운영(주)	X	제외
경인항	인천터미널	SM상선경인터미널(주)	X	제외
	김포터미널	김포터미널(주)	X	제외
11개		29개	19개	13개

- 주: 1) ●는 조사표를 통해 자료를 확보한 터미널이며, 실제 비용합수 구축에 활용된 것임
 2) ●는 터미널로부터 직접 자료 확보가 불가능하여 공시된 재무제표를 바탕으로 유사한 운영형태, 규모 등을 가진 터미널 운영사 자료 특성을 파악하여 조사표를 구축한 것임(각 요인별 총비용에 대한 비중 적용)
 3) “제외”는 처리 물동량, 터미널 운영 특성 등을 고려할 때 본 연구 대상에 적절하지 않아 분석에서 제외된 터미널

자료: 저자 작성

4) 자료 수집을 위한 가정

수집 자료의 통일성, 타당성을 확보하기 위해 아래와 같이 몇 가지 조건을 적용하였다²⁶⁾. 첫째, 판매관리비(이하 판관비)는 비용 산출 시 산입하여 분석하였다. 컨테이너터미널 운영사는 일반적인 제조회사와 달리 하역 서비스를 제공하는 업체로서 사실상 매출원가의 개념은 상대적으로 약한 것으로 판단된다. 즉, “영업수익 - 영업비용 = 영업손익”, “(+) 또는 (-)영업외손익 = 세전손익” 형태의 손익계산서로 표현되는 경우가 있으며, 이러한 형식으로 공시한 터미널 운영사도 일부 존재하기 때문이다.²⁷⁾ 따라서 판관비까지 산입하여 분석을 실시하는 것이 각 터미널 운영사 재무제표 분석의 통일성을 기할 수 있을 것으로 판단하였다.

둘째, 분석 대상인 컨테이너터미널은 컨테이너 전용터미널만을 포함하기로 하였다. 투입요소 즉 인력, 자본 등의 투입을 통해 산출되는 요소는 컨테이너 처리량으로 모든 투입요소는 컨테이너 처리에만 활용된다고 가정하였다. 앞서 정의한 11개 항만의 29개 터미널 운영사 중 일부는 해당 터미널에서 컨테이너 외 일반화물도 함께 처리하는 비중이 높거나, 보관, 이송 등 타 물류활동으로 부가가치를 창출하는 곳도 있으므로 이러한 터미널은 분석에서 제외하였다.

셋째, 한 운영사가 다수의 터미널을 운영하는 경우, 각 터미널로 분리된 재무제표 즉, 분리된 비용과 매출, 또한 그에 해당하는 컨테이너 처리량 자료가 확보되는 경우의 연도만 분석에 사용하였다. 개별 터미널은 하역작업에 투입된 물리적 공간, 인력과 장비, 그에 대한

26) 분류표의 타당성 검증을 위해 회계법인 전문가 및 터미널 운영사 실무전문가를 통해 3회 자문을 수행함

27) 평택·당진항의 평택동방아이포트(주), 울산 신항의 유엔씨티(주) 과거 일부 자료, 마산 가포신항의 마산아이포트(주) 등이 포함됨

비용발생 등 운영환경이 상이하여 통합하여 분석에 사용할 수 없기 때문이다.

넷째, 대부분의 운영사는 재무제표 작성에 일반기업회계기준을 사용하고 있으나, 일부 부산항 내 터미널 운영사의 경우 한국채택국제회계기준을 적용하고 있다. 양 회계기준상 차이가 존재하며, 특히 퇴직급여 계산에 있어 차이가 크게 발생한다. 다만 제급여 분석 결과 퇴직급여가 제급여에 산입되는 비중은 약 10%를 하회하는 수치로 나타나 분석에 있어 크게 영향을 미치지 않을 것으로 판단되며, 이는 모두 제급여 항목에 포함되므로 회계기준에 따른 차이는 고려하지 않는 것으로 하였다.

다섯째, 터미널 개장 초기 처리 물동량이 없거나 확연히 적은 기간은 투입비용 대비 정상적인 산출이 발생하지 않으므로 재무제표가 존재한다 하더라도 분석 대상에서 제외하였다. 이는 최근 개장한 터미널에서 주로 발생하고 있으며, 매출액 없이 비용만 발생하는 경우도 있다. 예를 들어, 부산항 신항 5부두 BNCT의 경우 2009년부터 재무제표는 공시되지만 실제 터미널 개장과 운영은 2012년부터 이루어졌다. 따라서 이러한 경우 2012년부터 분석에 포함시키기로 하였다. 이와는 반대로 동일한 지역에 신규 터미널이 개장하여 물동량이 상당수 이전하였거나, 물동량이 급격히 줄어 정상적인 하역활동이 이루어지지 않은 터미널 역시 분석 대상에서 제외하였다.

여섯째, 임대터미널과 민자터미널은 근본적으로 건설 시 자본투입과 그에 따른 이자비용 및 차입금, 비용 및 수익 구조에 차이를 보이고 있으나 본 연구에서 고려하고 있는 매출원가와 판매관리비에 큰 영향을 미치는 사항이 아니므로 그 차이점은 고려하지 않았다.²⁸⁾ 즉

28) 회계법인 전문가, 터미널 운영사 실무전문가 자문내용 참조

임대터미널은 하역작업에 대한 수입이 대부분이나 민자터미널은 항만(부두)에서 발생하는 하역료, 접안료 등의 모든 수익이 포함된다. 이러한 차이는 영업외 수익, 영업외 비용에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 매출액과 매출원가만을 고려하는 본 연구와 직접적으로 관련이 없다고 판단하였다. 또한 민자터미널의 초기 투자비용은 자본금 형태로 귀속되어 있으며, 이는 이자비용, 영업외 비용 등 비용구조에 차이를 만들지만 이 역시 본 연구 분석에 활용되는 인건비, 자본비(하역장비만을 포함), 운영비 부분에서는 영향을 미칠 가능성이 낮다. 재무제표 손익계산서 상의 영업이익 전 단계에서 발생하는 매출원가와 판매관리비에는 영향을 주지 않기 때문이다.

다만 임대터미널은 운영을 위해서 매년 일정 금액을 부두임차료로 지불하나, 민자터미널은 사업초기 투자금을 전액 지출하게 되고 이를 항만시설관리권 명목으로 내용연수만큼 매년 상각하여 비용으로 처리한다. 이러한 근본적인 비용구조의 차이를 고려하기 위해서 본 분석에서는 분석단계별로 임대터미널과 민자터미널을 명목변수로 구분하여 운영형태에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 확인하였다.

3. 비용요인 특성 분석

터미널 운영사의 비용구조에 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 대표적으로 인건비, 자본비 등이 있으며, 임대시설, 운영설비 등의 운용환경에 따라서도 다른 비용구조를 나타낼 수 있다. 또한 동일한 산출물을 생산하는 데 터미널 특성별 비용구조가 다를 수 있다.

따라서 본 연구에서 수집한 자료를 바탕으로 터미널 운영사들의 각 요인별 비용 구조와 특징을 분석하고자 한다. 다만, 29개 터미널 운영사 중 조사표를 직접 수집한 13개 터미널 운영사와 그 외 재무제표가 공시된 터미널 중 유사하게 조사표 구축이 가능한 5개 터미널을 포함한 총 18개 터미널 운영사를 대상으로 비용 특징을 살펴보았다.

1) 비용요인 비중

(1) 항만별 비용요인 비중

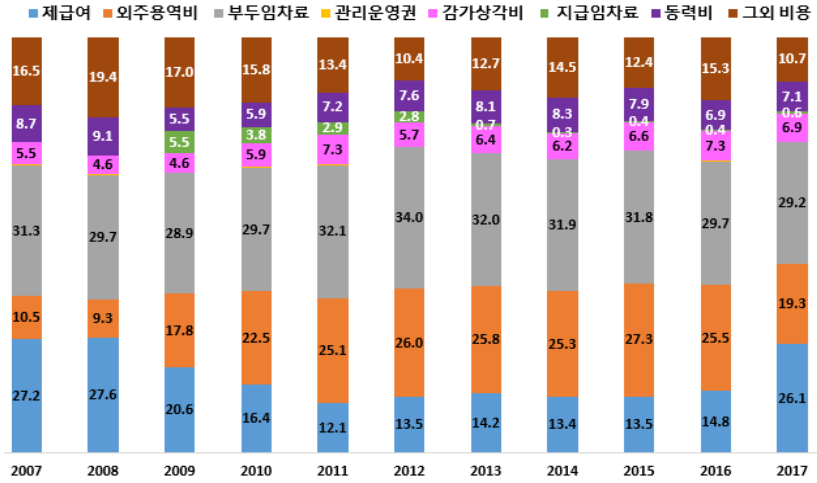
가. 부산항

부산항의 임대터미널은 평균적으로 부두임차료가 전체 비용의 30% 이상으로 가장 높은 비중을 나타내고 있으며, 인건비에 포함되는 제급여와 외주용역비가 합산 시 약 40%를 차지하고 있다. 최근에는 외주용역비가 감소하고 제급여가 증가하고 있으며, 이는 부산항의 일부 터미널에서 아웃소싱하던 하역작업을 직영체제로 전환하여 인력을 직접 고용함에 따라 발생되고 있는 변화로 파악된다.

민자터미널의 경우 평균 인건비(제급여+외주용역비)가 약 30%로 가장 높으며, 감가상각비는 약 15% 수준이다. 관리운영권은 13.5% 정도로 임대터미널의 부두임차료에 비해 그 비중이 낮다. 반면, 감가상각비는 임대터미널 대비 민자터미널에서 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

〈그림 2-3〉 항만별 각 비용요인 비중(부산항-임대터미널)

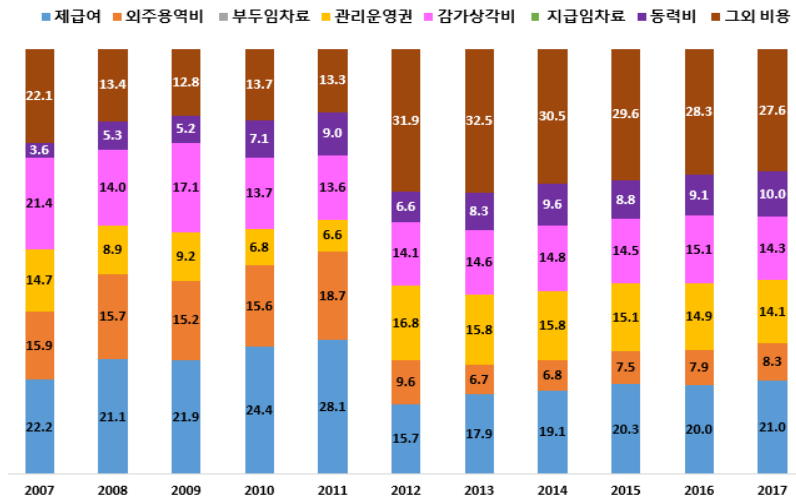
단위: %



자료: 저자 작성

〈그림 2-4〉 항만별 각 비용요인 비중(부산항-민자터미널)

단위: %



자료: 저자 작성

나. 인천항

인천항은 전체 분석 기간 동안 인건비 중 급여여가 평균 34%로 상대적으로 높고 외주용역비는 평균 11%로 낮은 수준이다. 또한 부산항 대비 인건비로 지출되는 비용이 다소 높음을 알 수 있다.

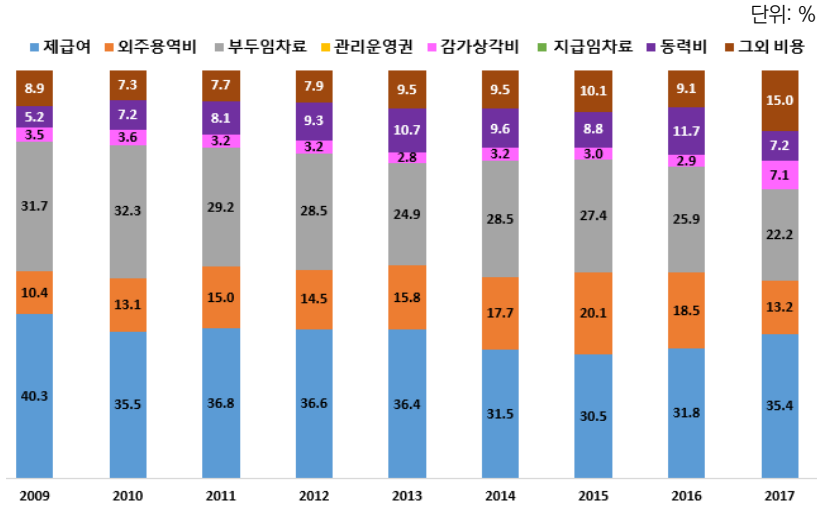
임대터미널의 부두임차료는 평균 27%로 나타났으며, 민자터미널의 관리운영권 비중은 평균 12% 수준으로 분석되었다. 그 외 부산항과 마찬가지로 감가상각비는 임대터미널 대비 민자터미널에서 높게 나타났으며, 동력비는 약 8.5% 수준으로 인천항 전체 터미널에서 유사하게 나타나고 있다.(〈그림 2-5〉, 〈그림 2-6〉 참조)

다. 그 외 터미널

그 외 컨테이너터미널에는 광양항, 평택·당진항, 울산항, 군산항이 포함되어 있다. 기타 부두의 임대터미널의 경우 부산항, 인천항과 동일하게 인건비 항목이 전체 기간 동안 약 40%로 가장 높게 나타났으며, 임대료는 평균 18%로 분석되어 부산항, 인천항 대비 다소 낮은 수준으로 파악된다.

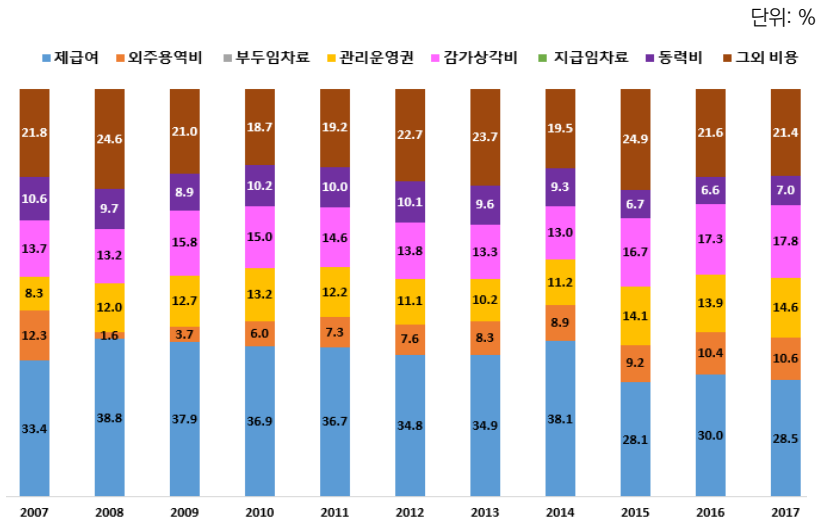
민자터미널의 경우 인건비와 그 외 기타비용의 증감이 상당히 큰 것으로 파악되었다. 2009년까지는 인건비 비중이 약 70%를 차지하였으나 점차 감소하여 2012년에는 27%로 나타났다. 이는 2012년까지 분석에 포함된 대상 터미널 수가 적어 일반적인 비용구조를 반영하지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 2013년 이후에는 타 항만과 비슷한 수준인 40% 수준을 유지하고 있다.(〈그림 2-7〉, 〈그림 2-8〉 참조)

〈그림 2-5〉 항만별 각 비용요인 비중(인천항-임대터미널)



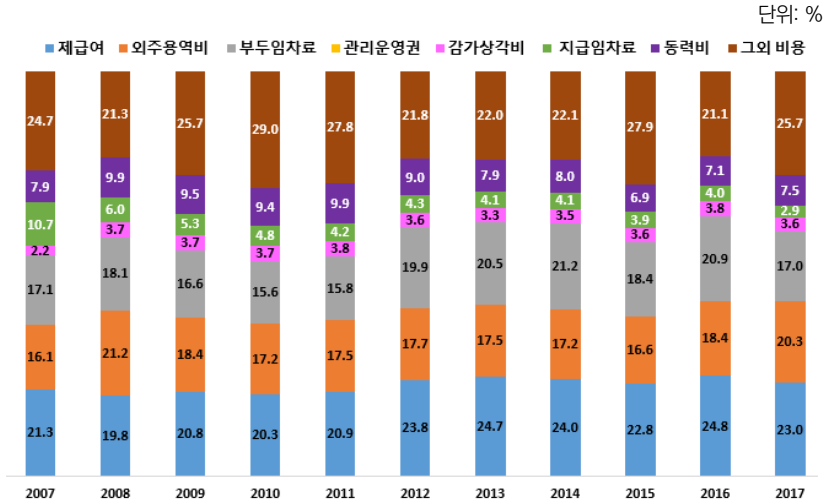
자료: 저자 작성

〈그림 2-6〉 항만별 각 비용요인 비중(인천항-민자터미널)



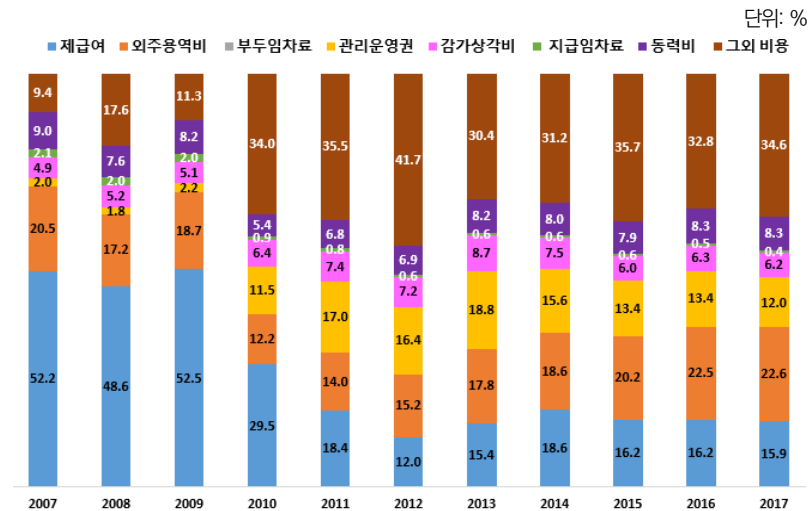
자료: 저자 작성

〈그림 2-7〉 항만별 각 비용요인 비중(기타-임대터미널)



자료: 저자 작성

〈그림 2-8〉 항만별 각 비용요인 비중(기타-민자터미널)

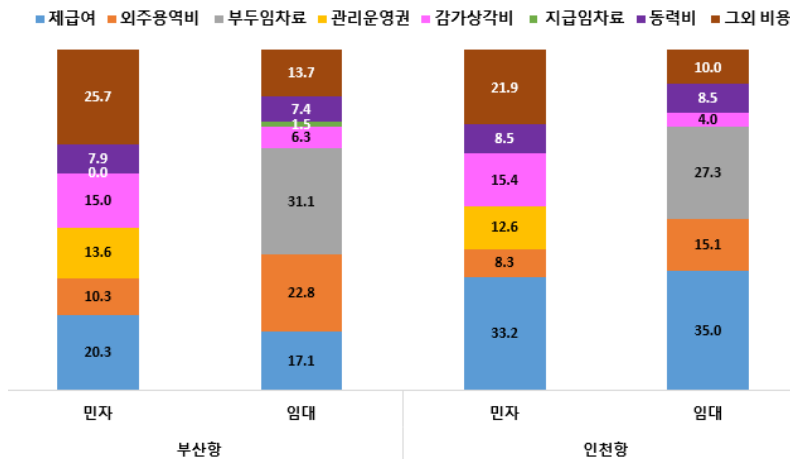


자료: 저자 작성

또한 물동량 처리가 많은 부산항과 인천항의 전체 기간(2007~2017년) 비용요인 비중을 살펴보면, 인천항은 인건비 비중이 다소 높으며, 특히 제급여 부분의 인건비는 약 1.5~2배 가까이 높다. 이는 인천항에서는 외주인력보다 직접 고용 형태로 인력을 투입하는 정도가 높은 것으로 판단된다.

〈그림 2-9〉 항만별 각 비용요인 비중(부산항과 인천항)

단위: %



자료: 저자 작성

(2) 운영형태별 비용요인 비중

임대터미널과 민자터미널은 임대료 또는 관리운영권으로 비용이 구분되는 특징이 있으므로, 전체 터미널에 대해 터미널 운영형태를 구분하여 그 비용구조를 살펴보았다.²⁹⁾ 2007~2017년 전체 기간 동안

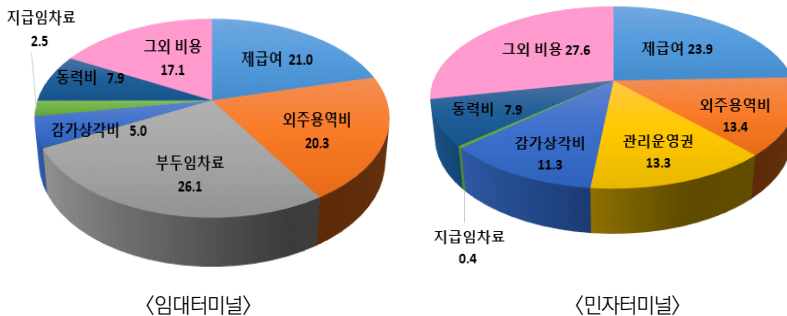
29) 부산항 신감만 부두의 동부부산터미널(DPCT)의 경우, 일반적으로 임대터미널 형태로 운영되어 임대료를 지급하고 있으나 일부 시설에 대해 관리운영권 형식으로 감가상각을 하나 그 비용이 0.5% 수준으로 미미하여 생략하였으며 임대터미널로 구분하여 분석을 시행하였다.

임대터미널은 제공여와 외주용역비를 포함한 인건비가 민자터미널에 비해 상대적으로 높은 것으로 분석되었다.

그 외 큰 차이를 보이는 부분은 ‘그 외 비용’으로, 여기에는 하역 작업에 직접 투입되는 장비를 제외한 기타 시설·장비의 감가상각비, 교육비, 보험료 등이 포함되어 있다. 민자터미널은 터미널 운영에 있어 임대터미널보다 개발·유지보수·운영 등에 대해 더 많은 관리 권한이 있어 감가상각비 및 보험료 등이 비교적 높게 발생한 것으로 추정된다. 이는 임대터미널의 부두임차료가 관리운영권에 비해 약 2배 높게 발생하는 것에 상응한다고 할 수 있다. 즉, 임대터미널은 터미널 개발과 운영에 대한 비용을 직접 비용으로 발생시키지 않는 대신 부두임차료로 지불하고 있는 것이다.

〈그림 2-10〉 운영형태에 따른 비용요인 비중(2007~2017)

단위: %



자료: 저자 작성

2) 단위 비용 및 생산성

분석 대상 터미널 운영사들의 생산 투입요소 단위당 비용 및 생산성을 분석하기 위해서 수집된 자료 중 최근 5년(2013~2017년)간

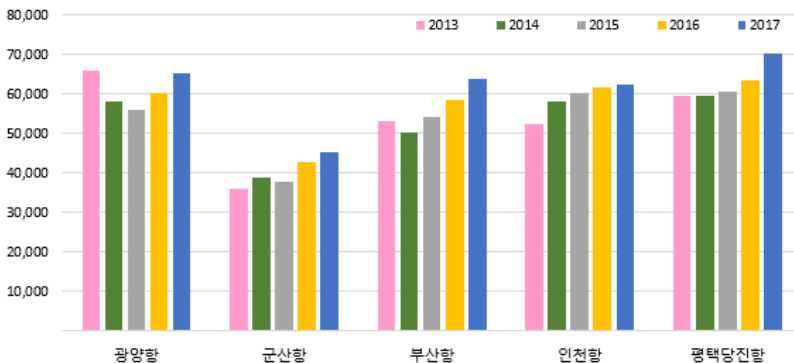
수치를 활용하였다. 5개 연도를 선택한 이유는 수집된 자료 중 많은 비중을 차지하고 있는 부산항 (특히 부산항 신항)이 전체 개장 이후 (2010년 전후) 정상적인 물동량을 처리하고 있는 시점이 2013년이라고 판단하였고, 이에 따라 전체적으로 통일성 있는 비교·분석을 위해 타 항만 역시 2013년부터 2017년까지 자료를 활용하였다.

(1) 종사자당 비용 및 생산성³⁰⁾

분석 대상 터미널 중 투입인력 1명당 평균 인건비는 대부분의 터미널에서 점차 증가하고 있는 것으로 나타났다. 5년간 전체 평균 인건비는 5,624만 원으로 평택·당진항은 평균보다 높은 수준을 보이는 반면 군산항은 평균 대비 낮은 수준이다. 그 외 터미널은 5,800~6,100만 원 수준으로 전체 평균과 비슷한 것으로 나타났다.

〈그림 2-11〉 항만별 인력 1명당 인건비

단위: 천원/명



자료: 저자 작성

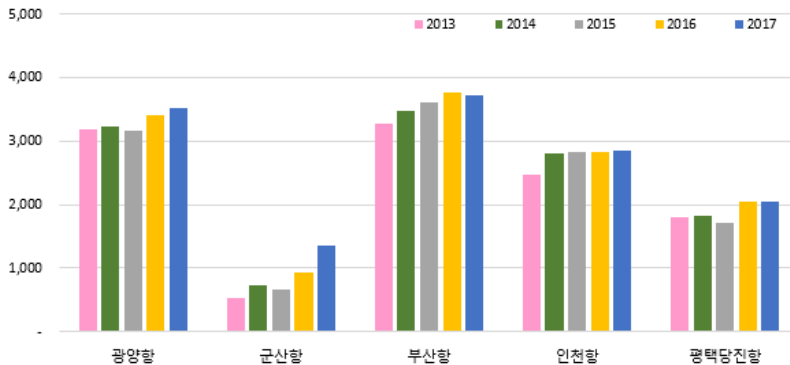
30) 관리인력 및 현장인력을 모두 합한 총 인력수를 활용하였으며, 인력수에 대한 데이터가 부재한 터미널 운영사는 분석에서 제외함

인력 1명당 처리 물동량(산출량) 역시 연도별로 증가하는 추세를 보이고 있다. 지역별로는 부산항이 5년 전체 평균 3,575 TEU를 처리하여 가장 많은 산출량을 보이고 있고, 광양항이 3,305 TEU, 인천항이 2,754 TEU를 처리하고 있다. 군산항은 1인당 평균 841 TEU를 처리하는 데 그쳤다. 임대터미널, 민자터미널 등 터미널 운영특성에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

종사자당 인건비와 인당 산출량을 교차 비교해보면 전반적으로 1인당 인건비의 상승이 뚜렷이 나타나 운영사의 인건비 부담이 가중되고 있으며, 이에 운영사들이 타 요소의 비용을 절감하고 운영효율을 높여 인력 1명당 산출량이 증가하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 이는 인건비 증가에 따라 비용이 상승되나 노동생산성 역시 증가하고 있어 비용증감에 대한 부담이 상쇄될 수 있는 가능성을 시사한다.

〈그림 2-12〉 항만별 인력 1명당 처리 물량

단위: TEU/명



자료: 저자 작성

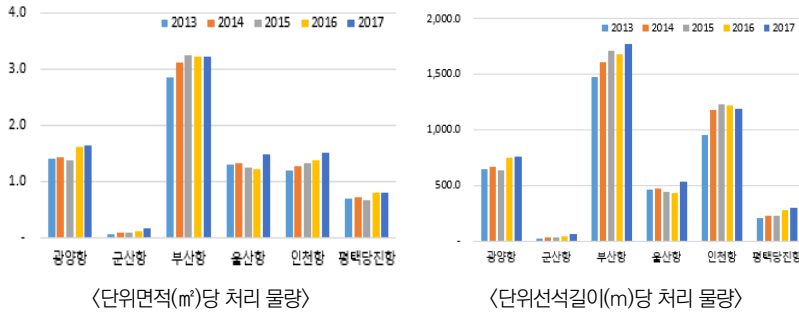
(2) 단위시설·장비별 비용 및 생산성

터미널 단위면적당 처리물동량은 전체적으로 소폭 증가하고 있다. 지역별로는 부산항이 5년 전체 평균 3.1 TEU/m²로 압도적으로 높은 것으로 분석된다. 이는 터미널 운영사별 생산 효율성이 향상된 것으로도 볼 수 있으나, 계속적인 처리물량 증가는 안벽 및 장치장 점유율이 높아짐에 따른 터미널 혼잡 문제를 유발할 수 있다. 반면 면적당 물동량이 일정수준에 미치지 못하는 경우 터미널 유휴공간 발생으로 운영상 비용 비효율(낭비)이 발생한다고 판단할 수 있다.

한편, 터미널 단위 선석길이당 처리물동량은 대부분의 터미널에서 매년 꾸준히 증가하고 있다. 지역별로 살펴보면 부산항이 타 지역 터미널에 비해 상당히 높은 것으로 분석되었다. 5년 전체 평균은 1,654 TEU/m로 나타났으며, 다음으로 인천항이 1,157 TEU/m로 높다. 반면, 광양항(692 TEU/m), 울산항(466 TEU/m), 평택·당진항(249 TEU/m), 군산항(39 TEU/m)의 경우는 700 TEU/m 이하로 부산항 대비 50% 이하 수준으로 나타났다.

기본적으로 터미널의 운영시설인 면적과 안벽 길이는 연도별로 거의 고정되어 있으므로 시간에 따른 추세는 산출량, 즉 컨테이너 처리량의 증감에 따른 것으로 볼 수 있다. 두 지표 공통적으로 전반적인 수치가 증가하고 있어 개별 터미널 운영사의 생산성이 향상되고 있음을 보여준다.

〈그림 2-13〉 항만별 단위면적(좌) 및 단위선석 길이(우)당 처리 물량

단위: (좌)TEU/m², (우)TEU/m

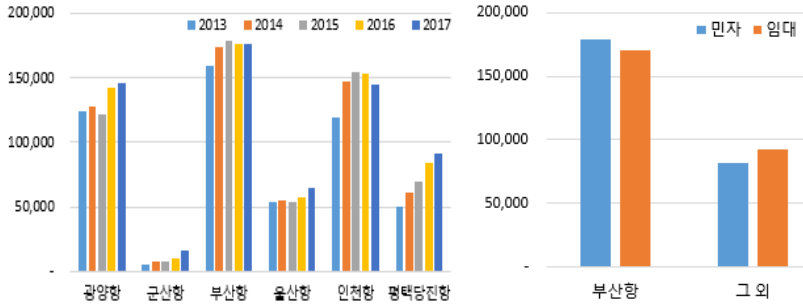
자료: 저자 작성

한편, 안벽크레인(Q/C)당 처리물동량을 분석한 결과, 일부 기간을 제외하면 증가세를 보이고 있으며 이는 물동량 증가에 기인한다. 5년 전체 평균을 보면 부산항은 172,884 TEU/대로 가장 많은 처리량을 보였고, 광양항은 132,595 TEU/대, 인천항은 143,622 TEU/대로 나타났다. 부산항은 2015년 이후 일부 터미널에서 Q/C를 확충함에 따라 단위당 처리물동량이 감소할 것으로 예상되었으나, 운영사별 물동량 증가로 인해 Q/C 확충으로 인한 물동량 감소분이 상쇄된 것으로 보인다. 평택·당진항은 처리물동량 증가와 함께 동 기간 일부 터미널에서 투입된 Q/C 장비 대수 감소로 Q/C당 처리물동량이 증가한 것으로 판단된다.

또한 안벽크레인(Q/C)당 처리물동량은 터미널 운영형태에 따라 차이를 보이고 있다. 부산항의 경우 임대터미널과 민자터미널의 Q/C 생산성은 민간터미널에서 약간 높은 수치를 보였다. 반면 부산항을 제외한 터미널에서는 임대터미널의 Q/C 생산성이 민자터미널 대비 높은 것을 알 수 있다. 이는 임대터미널은 물동량 감소 등으로 Q/C 장비 감축 등의 조치를 취하여 장비 단위당 생산성을 높였기 때문인 것으로 추정된다.

〈그림 2-14〉 항만별 장비(Q/C)당 처리 물량

단위: TEU/대



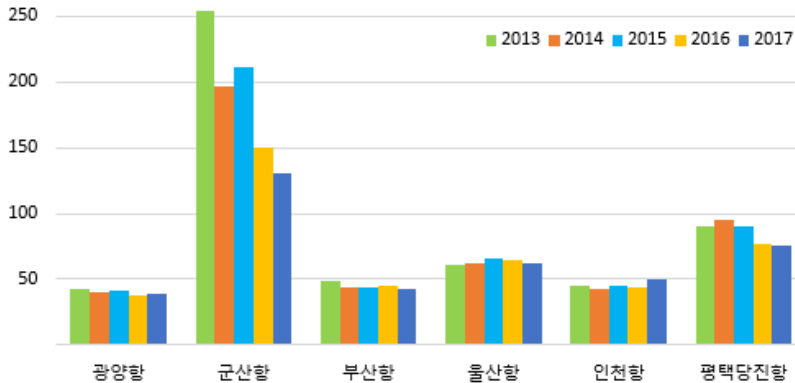
자료: 저자 작성

(3) 단위물량 소요비용

물량 1TEU를 처리하기 위해 소요되는 비용은 지역별로 차이를 보이고 있다. 광양항이 1TEU 처리에 가장 적은 비용이 발생하고 있어 가장 비용 효율적인 운영이 이루어지고 있는 것으로 보인다. 그 외 부산항과 인천항 역시 전체 평균 대비 낮은 비용으로 물량을 처리하고 있다. 특히 광양항, 부산항, 평택·당진항은 연도별 단위물량당 비용이 감소하고 있어 경제적인 운영이 이루어진다고 할 수 있다. 반면, 군산항은 다른 터미널 대비 상당히 높은 비용이 발생하고 있다. 2017년에는 물동량의 증가로 단위물량 소요비용이 2013년 대비 절반 정도로 감소하였으나, 타 항만 대비 여전히 높은 비용을 지불하고 있어 비용 효율성이 낮은 것으로 판단된다. 반면 터미널 운영특성에 따른 단위물량 소요비용에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

〈그림 2-15〉 항만별 단위물량별 소요비용

단위: 천원/TEU



자료: 저자 작성

(4) 터미널 규모별 비용 및 생산성

터미널 규모에 따른 경제성을 분석하기 위해서 전체 터미널 운영사의 연간 처리물동량을 기준으로 상/중/하³¹⁾로 구분하여 그에 따른 요소별 비용과 단위별 처리물동량을 살펴보았다.³²⁾ 여기에서는 처리물동량이 많은 터미널일수록 규모가 큰 것으로 가정하였다.

〈표 2-10〉의 터미널 규모별 생산성을 살펴보면, 물동량이 많을수록 총 투입인력과 투입인력당 인건비 비중이 높은 경향을 보였다. 또한 투입인력 1인당 처리하는 물동량도 많아 노동 생산성도 높은 것을 알 수 있다. 1TEU를 처리함에 있어 발생하는 비용은 규모가 클수록 낮으므로 비용 경제성도 나타나는 것으로 판단된다. 결론적으로 우리나라 터미널은 비용과 노동생산성에 있어 규모의 경제가 존재한다고 할 수 있다.

31) 터미널 규모는 연간 총 처리물동량을 기준으로 상(200만 TEU 이상), 중(50~200만 TEU), 하(50만 TEU 이하)로 구분함

32) 각 터미널 운영사별, 각 연도별 데이터를 1개의 개체로 인식하였으며, 개별적으로 독립된 데이터로 가정하여 분석함. 즉 전체 77개의 표본을 대상으로 선석당 처리물량에 따라 상/중/하로 구분함

〈표 2-10〉 터미널 규모별 생산성(1)

구분	총 물동량 (천TEU)	총 투입인력 (명)	투입인력 1인당 인건비 (천원)	투입인력 1인당 처리물동량 (TEU)	단위 처리 물동량당 비용 (원/TEU)
상(上)	2,899	768	66,598	3,815	39,130
중(中)	1,158	357	50,265	3,268	47,570
하(下)	200	105	53,869	1,715	88,895

주: 터미널 규모는 연간 총 처리물동량을 기준으로 상(200만 TEU 이상), 중(50~200만 TEU), 하(50만 TEU 이하)로 구분함

자료: 저자 작성

한편, 〈표 2-11〉과 같이 터미널 규모에 따른 장비 및 시설당 생산성을 살펴보면, 생산성은 Q/C, 선석길이, 터미널 규모와 상관관계가 있는 것으로 파악된다. 즉, 터미널 규모가 클수록 장비와 면적, 선석 길이당 처리하는 물량이 많다. 이는 장비 및 시설 생산성에 있어서도 규모의 경제가 존재함을 알 수 있다.

〈표 2-11〉 터미널 규모별 생산성(2)

구분	총 물동량 (천TEU)	Q/C당 처리 물동량 (천TEU/대)	면적당 처리 물동량 (TEU/m ²)	선석길이당 처리 물동량 (TEU/m)
상(上)	2,899	200	3.5	2,041
중(中)	1,158	138	2.4	1,096
하(下)	200	71	0.9	450

주: 터미널 규모는 연간 총 처리 물동량을 기준으로 상(200만 TEU 이상), 중(50~200만 TEU), 하(50만 TEU 이하)로 구분함

자료: 저자 작성

제3절 소결

우리나라 컨테이너터미널은 부산항, 인천항, 광양항을 중심으로 개발·운영 되고 있으며, 3개의 항만에서 전국 95% 이상의 컨테이너 화물을 처리하고 있다. 그중 부산항이 처리하는 비중은 75% 이상으로 매우 높으며, 8개 터미널 운영사에 의해 운영되고 있다. 그 외 인천항 6개, 광양항 3개, 평택·당진항 2개, 울산항 2개 등의 운영사가 존재한다. 컨테이너터미널 시장구조는 운영사 간 통합, 신규터미널 개장, 이전 등에 따라 지속적으로 변화하고 있다.

컨테이너터미널 운영사는 소유주체, 개발주체, 운영주체에 따라 다양하지만, 본 연구의 목적인 비용함수 추정을 위해서는 비용구조에 큰 영향을 주는 임대터미널과 민자터미널로 구분하여 비용구조를 파악할 필요가 있다. 우리나라 컨테이너터미널은 컨테이너 전용터미널이 아닌 일반화물을 동시에 처리하는 경우도 있으며, 이는 비용으로 발생하는 인력, 장비 등이 전적으로 컨테이너 하역서비스에 활용되었다고 보기 어려우므로 본 연구 대상에서 제외하는 것이 바람직하다.

본 연구의 목적에 따라 컨테이너터미널 운영사의 총비용을 크게 인건비와 임대료 또는 관리운영권, 하역에 투입된 장비 등을 포함하는 자본비, 그리고 기타 운영비로 구분하였다. 그에 따른 생산요인은 투입된 인력, 터미널 면적과 선석길이, 임대(혹은 운영)시설, Q/C, T/C 등의 운영설비로 도출하였다. 그리고 산출물은 이러한 비용과 생산 요인의 활용으로 나타나는 컨테이너 처리량으로 산정하였다. 본 연구를 위해 컨테이너터미널 운영사로부터 비용과 생산 요인에 대한 자료를 직접 수집하였으며 이를 바탕으로 컨테이너터미널의 비용구조 특징을 살펴보았다.

첫째, 일반적으로 인건비가 전체 비용의 약 40%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 임대터미널의 경우 26%가 부두임차료로 나타나고 있다. 반면, 민자터미널은 관리운영권(13.3%) 비용이 낮은 대신 임대터미널에서는 미미한 비용요인인 감가상각비(11.3%)가 높게 분석되었다. 이는 민자터미널이 터미널 개발과 운영에 대해 더 높은 관리권한을 가짐에 따라 추가적인 비용이 발생하는 반면, 임대터미널에서는 이러한 비용이 부두임차료 명목으로 발생하는 것으로 추정할 수 있다. 특히, 본 연구에서 ‘그 외 비용’으로 구분한 감가상각비, 보험료 등에 대해서도 민자터미널이 더 많은 비용을 지불하고 있다.

둘째, 인천항에서는 부산항 대비 외주용역비 비중이 낮고 제급여가 2배 이상 높게 도출되어, 인천항에서는 직접 고용을 통한 인력 활용 정도가 높은 것으로 추정할 수 있다.

셋째, 최근 5년간(2013~2017년) 종사자 1명당 평균 인건비는 5,624만 원으로 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 1인당 처리하는 물량 역시 대부분의 터미널에서 증가하는 추세이나 항만별로 큰 차이를 보이고 있다. 이는 인건비 상승에 따라 운영사의 인건비 부담은 가중될 수 있으나, 노동 생산성 역시 증가하고 있어 비용 증가에 대한 부담이 상쇄될 수 있음을 보여준다.

넷째, 국내 대다수 터미널 운영사의 Q/C, 단위면적(m^2) 및 선석길이당 생산성은 최근 5년간 증가추세에 있어 시설·장비 생산성이 높아지고 있는 것으로 판단된다. 시설과 장비는 고정되어 있으므로 이러한 증가추세는 물동량 증가에 기인한다고 볼 수 있다. 일부 터미널에서는 동 기간 Q/C를 처분하여 단위당 높은 생산성을 확보하기도 하였다.

다섯째, 단위물량(TEU)당 처리비용은 광양항, 부산항, 평택·당진항에서 소폭 감소추세에 있어 경제적 운영이 이루어지고 있음을 추정할 수 있다. 다만, 절대적인 비용은 항만별 큰 차이를 보이고 있으며, 광양항이 가장 낮고 군산항이 가장 높다.

여섯째, 터미널 규모별 단위 비용과 요소별 생산성을 살펴본 결과, 처리물동량이 높은 대형 터미널일수록 단위물량(TEU)당 처리비용이 낮아 비용에 있어 경제성이 있음을 알 수 있다. 또한 대형 터미널일수록 인력·장비·시설당 생산성도 높아 규모의 경제가 발생하는 것으로 판단된다.

제 3 장

국내 컨테이너항만의 비용함수 추정

제3장에서는 국내 컨테이너항만 산업의 비용함수를 추정한다. 체계적이고 종합적인 분석방법론 설계를 위해 국·내외 선행연구를 검토하고, 수집된 자료로부터 최적의 비용함수 모형을 구축한다. 또한 추정한 비용함수로부터 규모의 경제성, 가격탄력성, 대체탄력성 등을 산출하여 산업의 특성을 살펴본다.

제1절 선행연구 검토

1. 항만산업의 비용구조를 분석한 연구

1) Jara-Diaz, Tovar, and Trujillo(2005)

Jara-Diaz, Tovar, and Trujillo(2005)는 항만산업을 컨테이너, 벌크, 일반화물 등 다양한 형태의 화물을 처리하는 서비스를 제공하는

산업으로 정의하고 다산출물(multioutput) 비용함수 추정을 통해 항만의 비용구조를 분석하고 있다. 비용함수의 기본 형태는 초월대수 모형을 가정하고 있으며, 스페인 라스팔마스(Las Palmas) 항에 위치한 3개 터미널의 1992년~1999년 기간 동안의 월간 자료를 사용하여 분석을 실시하였다. 분석에 사용한 비용함수 모형은 다음과 같다.

$$TC = C(Y, p, T, D)$$

여기서 TC 는 총비용, Y 는 산출물(컨테이너, 벌크, 일반화물), p 는 투입요소 가격, T 는 시간(년), D 는 개별기업의 특성을 고려한 속성 변수이다.

분석을 통해 도출된 연구의 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 도출한 비용함수로부터 산출물별 한계비용, 규모의 경제, 범위의 경제 등 경제지표를 계산하여 개별회사들의 운임료 산정 및 생산량 증가 시 비용 측면에서의 이점을 진단하였다. 둘째, 회사별 분석에서는 규모에 대한 보수 증가를 보이는 두 개 회사의 경우 터미널을 통합 운영함으로써 비용 절감을 가져올 수 있음을 제시하였다. 마지막으로, 산출물별 분석에서는 컨테이너화물이 모든 회사에서 가장 작은 한계비용을 나타낸 반면, 일반화물이 가장 큰 한계비용을 보였다.

2) Talley and Ng(2016)

Talley and Ng(2016)는 기존의 선행연구들이 항만산업의 산출물을 물질적인 화물 처리량으로 정의한 것과 달리 서비스 제공량으로 정의하였다. 이에 따라 항만 서비스를 화물처리서비스, 입항 선박에 대한 서비스, 항만 내 화물 운송 서비스로 구분하고 각각의 제공 서비스를 투입요소의 함수로 나타낸 장·단기 비용함수를 이론적으로 도출하였다.

분석을 통한 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 대다수의 선행연구에서 항만산업은 화물 하역 및 운송 서비스 제공업으로 정의된다. 정의에 입각해 비용함수를 추정할 경우 항만의 산출량은 화물이 입항해서 출항할 때까지 제공된 서비스로 측정되어야 한다. 둘째, 항만의 총비용은 항만의 자원 이용료, 해운사에 의해 선박과 차량을 통해 입항한 화물의 양, 항만이 제공하는 서비스의 양 등의 함수로 표현되어야 한다. 마지막으로, 다산출물/다투입물 항만 비용함수 추정에는 결합분포 함수와 비결합 분포 함수를 구분해야 한다. 각각의 산출물을 제공하는 과정에 공통적으로 항만의 자원이 사용되므로 비결합 함수 가정은 비현실적일 수 있다.

3) 한국해양수산개발원(2008)

한국해양수산개발원(2008)의 연구 목적은 기존의 다양한 항만 경쟁력 평가모형을 통합·수정·보완하여 객관적이고 지속가능한 모형을 개발하고, 정책 수립에 이를 활용할 수 있도록 하는 것이다. 항만의 경쟁력을 평가하기 위해 정책의 시행 과정별로 경쟁력을 측정·평가할 수 있는 투입(input)-산출(output)-결과(outcome) 모형을 사용하였다. 각 단계별로 평가항목과 평가지표를 구성하였으며, 경쟁력 지수를 측정하여 각 항만의 경쟁력을 비교 평가할 수 있는 모형을 개발하였다. 또한 실증분석에서는 우리나라 10개 무역항을 대상으로 개발한 모형을 적용하여 경쟁력을 평가하였으며, 이를 통해 항만의 경쟁력 제고를 위한 정책방안을 제시하였다.

한국해양수산개발원(2008)에서 제시한 정책방안은 다음과 같다. 첫째, 정책당국은 본 연구의 객관적·계량적 평가모형을 활용하여 매년 투입량에 따른 정책성과의 직접적인 효과를 파악하고, 이를 정부

업무 평가에 활용할 수 있다. 둘째, 평가모형의 전산화를 통해 항만 산업을 둘러싼 환경의 변화에 따라 모형의 수정 및 개선이 용이할 수 있게 하며, ‘항만수요예측센터’와 같은 전문기관 또는 정부 차원의 신뢰성 있는 관리가 필요하다. 셋째, 비정기적으로 생성되는 2차 자료에 대한 산정과정 확보와 별도 가공체계 구축, 전문가와 이용자 패널 구축을 통한 자료 확보 방안 마련 등 평가지표 관리의 체계화가 필요하다. 마지막으로 모형의 실증분석 결과로부터 배후경제권의 규모가 작은 항만이 상대적으로 투입지수가 낮고, 이는 산출과 결과지수의 하락에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이에 항만 산업의 경제적 기능 확대와 함께 항만의 경쟁력 제고를 위해서는 항만 배후단지 활용을 통해 물류 중심의 산업 활동 강화가 필요함을 지적하였다.

4) 한국해양수산개발원(2009)

한국해양수산개발원(2009)는 2003년부터 추진된 동북아 물류중심 항만정책의 추진 과정과 결과를 점검 및 평가하고, 평가 결과를 바탕으로 성공요인과 부진요인을 도출하였다. 이를 통해 각 정책의 성공과 부진의 원인을 분석하고 개선방안을 수립하였으며, 목표연도까지 정책목표의 달성도를 제고하고 미래지향적 항만정책 수립을 위한 전략을 수립·제시하였다.

본 연구에서는 프로그램 논리모형을 이용하여 각 정책별 정책수립 필요성, 정책 집행과정, 정책목표 달성도, 정책 유효성 등으로 구분하여 평가 방법론을 확정하였다. 또한 계량적 평가를 위해 각각 투입, 산출, 성과, 정책 목표로 분류된 평가항목에 해당하는 내용과 범위를 확정하였다. 평가를 실시한 세부 추진과제에는 해운업 경쟁력

강화, 항만 개발, 항만배후단지 조성, 환적물량 유치, 물류기업 유치, 항로네트워크 확충 등의 분야가 포함되었으며, 기초 자료를 바탕으로 평가를 실시하였다. 추가적으로 모형을 이용한 계량적 분석과 더불어 정책 수립의 당위성과 관련 이해관계자가 느끼는 성과에 대한 정성적 평가를 반영한 종합 평가결과를 도출하였으며, 이를 통해 정책방안을 제시하였다.

한국해양수산개발원(2009)에서 제시한 정책방안은 다음과 같다. 첫째, 글로벌 경제 환경변화와 경쟁국의 항만정책에 대한 모니터링을 강화하고, 트리거물의 물동량 기준을 우리나라 항만의 실정에 맞도록 조정할 필요가 있다. 둘째, 항만클러스터 구축을 통해 항만 인프라 확장과 더불어 소프트웨어와 사회적 인프라를 동시에 정비하여 항만 기능을 활성화할 필요가 있다. 셋째, 자유무역지역관리청, 경제자유구역청 및 지자체의 공조체제를 강화하고 새로운 비즈니스 모델을 개발하여 항만배후단지 내 외국인 투자기업 유치를 활성화해야 한다. 넷째, 산업입지 정책을 항만정책과 연계·추진하여 항만배후단지의 국제물류·제조 기능을 강화할 필요가 있다. 다섯째, 도급제 노임 구조를 개선하고 내실 있는 상용화 정책을 확대·추진하여 노사관계 개선에 힘써야 한다. 여섯째, 단기적으로 유희시설을 효율적으로 활용하기 위한 방안을 강구해야 하며, 중장기적으로는 항만배후단지를 확충하고 경쟁력을 강화할 수 있는 방안을 마련해야 한다. 마지막으로 국정관리시스템에 현행 정책을 명시적인 과제로 포함시키고, 정책의 집행 및 성과를 종합적·체계적으로 평가·점검해야 한다.

2. 타 산업의 비용구조를 분석한 연구

1) 김민정·김제철(2005)

김민정·김제철(2005)은 우리나라 항공운송산업의 비용함수 추정 결과를 바탕으로 비용 효율성을 극대화할 수 있는 전략과 정책대안을 제시하였다. 초월대수 비용함수와 푸리에신축 비용함수 모형을 사용하였으며, 분석 대상인 27개 주요 글로벌 항공사들의 비용 및 산출 자료를 이용하였다. 추정한 비용함수로부터 밀도, 규모 및 범위의 경제성을 분석하였으며, 이를 통해 우리나라 항공운송사업자의 적정 운항 밀도, 국내·국제 여객 및 화물 간 적정 운송비율, 적정 규모, 적정 운임 등을 도출하였다. 분석에 사용한 비용함수 모형은 다음과 같다.

$$TC = C(Y, w, N, Z)$$

여기서 TC는 총비용, Y는 산출물(국내선여객인-km, 국제선여객인-km, 화물톤-km), w는 투입요소(노동, 유류, 자본, 재료)가격이며, N은 네트워크 길이, Z는 속성변수로 중량이용률과 평균운항거리를 나타낸다.

분석을 통해 제시된 결과는 다음과 같다. 첫째, 운항밀도는 비용 절감의 주요 전략이 되기 때문에 국적항공사의 국제선 운항밀도를 증대시키는 방향으로 노선 배분 시 운항밀도가 중요하게 고려되어야 한다. 둘째, 국내선 여객부문과 국제선 여객 및 화물부문은 분리하는 것이 효율적이기 때문에 면허체계상 정기/부정기 사업을 분리하여 분류하는 것이 고려되어야 한다. 마지막으로, 국내선 위주의 저비용 소형 항공사는 적정 산출량 수준이 국적항공사 대비 1/15 수준에 불과하나, 이를 보유대수로 환산할 경우 적정 규모에 차이가 있을 수 있다. 이에 기존의 규모를 고려하지 않고 보유 대수만을 5대로 규정

하는 항공법상 정기운송사업면허 조항은 보다 유연하게 적용될 수 있도록 검토할 필요가 있음을 제시하였다.

2) 김지영·김현아(2017)

김지영·김현아(2017)는 지방자치단체별 상수도사업자 자료를 사용하여 지방상수도 비용함수를 추정하고, 지방상수도 사업에서 규모의 경제 여부를 분석했다. 이를 통해 지방상수도의 최적생산규모를 추측해보며, 상수도 광역화 논의에 대한 객관적 근거를 제시하고자 하였다. 총비용은 가변비용과 고정비용의 합으로 노동, 동력, 자본비용을 더한 값으로 정하였으며, 총생산량은 연간 총급수량으로 정의하였다. 분석에 사용한 비용함수 모형은 다음과 같다.

$$TC = C(Y, w, N)$$

여기서 TC는 총비용이며, Y는 총생산량, w는 노동, 동력, 자본의 가격, N는 사업자의 개별특성 변수로서 상수도망 관로길이, 정수장 이용률을 포함하였다.

이러한 분석을 통한 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 평균적으로 상수도 생산은 규모에 따른 보수 증가가 존재하는 구간에서 이루어지고 있으며, 최적 생산량 규모보다 낮은 수준으로 상수도가 생산되고 있음을 확인할 수 있었다. 둘째, 규모에 따른 보수 증가 수준은 생산량과 밀접한 관계를 가지는 것으로 나타났다. 셋째, 현재 행정구역별로 구분되어 운영되고 있는 우리나라 지방상수도 사업은 평균생산비용이 최저점보다 높은 구간에서 생산이 이루어지고 있어 단위생산비용 절감이 어렵기 때문에 최적 생산량 수준에는 도달하지 못하고 있다. 또한 연구결과를 바탕으로 얻을 수 있는 시사점으로 인접한 지역의

통합 등의 방식으로 사업자별 생산량을 증대시켰을 때 단위생산비용이 절감됨과 동시에 생산 효율성이 향상될 수 있음을 제시하였다.

3. 선행 연구와의 차별성 및 본 연구의 의의

국내 컨테이너항만의 비용구조를 종합적이고 체계적으로 분석한 연구는 거의 시도되지 않았으며, 특히 비용함수 추정 등 계량분석을 바탕으로 정책적 시사점을 제시한 연구는 전무한 상태이다.

장래 국내 컨테이너터미널 운영사가 생존하기 위해서는 비용 효율적이고 생산성이 높아야 한다. 그러기 위해서는 인력과 하역장비, 운영비 등 투입요소의 최적 투입량을 합리적으로 결정하는 정책방향이 설정되어야 한다. 특히 전 세계 항만 간 물동량 유치 경쟁이 심화되고, 글로벌 얼라이언스 재편, 선박의 초대형화, 완전자동화 터미널 개발 등 대내외적 환경 변화가 가속화되고 있는 현재 국내 컨테이너항만의 구조적인 발전을 위한 검토가 요구되고 있다.

이에 따라 대내외 환경변화에 유연하게 대처할 수 있는 국내 컨테이너항만의 발전방향을 계량경제 분석을 통해 제시할 필요가 있다. 즉 단순히 외국 사례를 분석하는 것에 그치지 않고, 우리나라 컨테이너항만에 대한 실증적 경제 연구를 통해 구체적인 정책 개선 방향 제시가 가능하다는 점에서 기존 선행연구와 차별성을 확보할 수 있으며, 연구의 의의도 존재한다고 판단된다.

제2절 분석방법 및 추정모형

1. 생산함수와 비용함수 고찰

재화 또는 서비스의 생산은 노동, 자원, 자본 등 생산요소를 사용함으로써 발생한다. 이는 생산요소의 투입량에 따라 산출량이 기술적으로 정해지는 것을 뜻하며, 이처럼 생산과정에 투입되는 생산요소들의 수량과 최대 산출량 사이의 함수관계를 생산함수(production function)라고 한다.³³⁾ 반면, 비용함수(cost function)는 생산함수를 먼저 가정함으로써 유도된 산출량과 이에 대응하는 최소 비용과의 관계를 나타낸다.³⁴⁾ 생산 및 비용함수와 이로부터 산출되는 각종 경제지표의 정의 및 표기법을 기술하는 경제 학술서는 다양하게 존재하나, 본 연구에서는 일관성 유지를 위해 기본적으로 Coelli et al.(2005)³⁵⁾의 함수 정의와 표기법을 따랐으며, 필요에 따라 타 학술서를 참고하여 서술하였다.

생산함수를 정의하기 위해 노동, 기계장비, 원재료 등 N 개 생산요소의 일정량을 투입하여 단일 산출물 q 를 생산하는 기업의 생산구조를 가정하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$q = f(\mathbf{x}) \quad (\text{III-1})$$

여기서 q 는 산출물, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_N)'$ 는 $N \times 1$ 투입물 벡터이다. 모든 투입물은 기업 내 의사결정자의 효과적인 제어가 가능하다는

33) 김대식·노영기·안국신(2009), p. 224.

34) 위의 책, p. 258.

35) Coelli et al.(2005), p. 12~32.

가정 하에 식 (III-1) 생산함수의 특성을 요약하면 다음과 같다.

- ① 비음(Nonnegativity) : 생산함수 $f(\mathbf{x})$ 의 치역은 유한수이며 비음인 실수이다.
- ② 보편적 필수성(Weak Essentiality) : 양의 산출물을 생산하기 위해서는 적어도 한 단위 이상의 투입물이 반드시 필요하다.
- ③ $\mathbf{x}$ 에 대해 단조증가(Nondecreasing in $\mathbf{x}$) : 추가적인 투입량 증가는 산출량을 감소시키지 않는다. (if $\mathbf{x}^0 \geq \mathbf{x}^1$, then $f(\mathbf{x}^0) \geq f(\mathbf{x}^1)$)
- ④ 오목성(concave in $\mathbf{x}$) : 생산함수 $f(\mathbf{x})$ 는 $\mathbf{x}$ 에 대해 오목하다. ($f(\theta \mathbf{x}^0 + (1-\theta)\mathbf{x}^1) \geq \theta f(\mathbf{x}^0) + (1-\theta)f(\mathbf{x}^1)$) 만약 생산함수가 연속 미분 가능 함수이면 오목함수는 한계생산체감의 법칙을 만족한다.

식 (III-1)의 생산함수를 2차 미분 가능 함수로 가정하면 다음의 경제학적 지표들의 정의가 가능하다. 먼저 산출물 q 를 생산하는 데 있어서 다른 투입요소를 고정시킨 가운데 하나의 투입요소를 한 단위 증가시킬 때 총산출물의 증가분을 나타내는 한계생산물(marginal product: MP)은 다음의 식 (III-2)로 표현이 가능하다.

$$MP_n = \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_n} \quad (\text{III-2})$$

한계기술대체율(marginal rate of technical substitution: MRTS)은 산출량을 고정시킨 가운데 투입요소 간 대체할 수 있는 비율을 뜻하며 식 (III-3)으로 나타낼 수 있다.

$$MRTS_{nm} = \frac{\partial x_n(x_1, \dots, x_{n-1}, x_{n+1}, \dots, x_N)}{\partial x_m} = - \frac{MP_m}{MP_n} \quad (\text{III-3})$$

또한 관련된 개념으로 산출량 탄력성(output elasticity: E)과 직접 대체탄력성(direct elasticity of substitution: DES)이 있으며, 다음과 같이 정의가 가능하다.

$$E_n = \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_n} \frac{x_n}{f(\mathbf{x})} \quad (\text{III-4})$$

$$DES_{nm} = \frac{d(x_m/x_n)}{d(MP_n/MP_m)} \frac{MP_n/MP_m}{x_m/x_n} \quad (\text{III-5})$$

산출량 탄력성은 투입요소의 단위에 영향을 받지 않는 한계생산물(MP)을 측정하며, 직접 대체탄력성은 한계기술대체율 변화율 대비 투입요소비의 변화율을 나타낸다. 생산함수가 노동과 자본의 이변수 함수인 경우 직접 대체탄력성은 보통 σ 로 표현되며, $\sigma = DES_{12} = 0$ 인 경우 노동과 자본 사이에 대체가 불가능함을 뜻하고 반대로 $\sigma = DES_{12} = \infty$ 인 경우 노동과 자본은 완전 대체가 가능함을 의미한다. 투입요소가 두 개 이상인 다변수 함수인 경우에는 AES(Allen partial elasticity of substitution)와 MES(Morishima elasticity of substitution) 등을 이용하여 투입요소 간 대체탄력성을 측정할 수 있다.

식 (III-2)의 한계생산물은 다른 투입요소를 고정시킨 가운데 특정 투입요소 한 단위 증가에 따른 총산출물의 증분을 나타낸다. 하지만, 일반적으로 전체 투입요소들이 동시다발적으로 변화할 때 산출물의 변화량을 측정하고자 할 때는 다른 측정 도구가 필요하다. 모든 투입

요소가 일정 비율로 증가할 때 산출량의 증가율이 이에 못 미치면 ‘규모에 대한 보수 감소(decreasing returns to scale: DRS)’, 동등한 비율 증가가 이루어지면 ‘규모에 대한 보수 불변(constant returns to scale: CRS)’, 산출량의 증가율이 더 클 경우 ‘규모에 대한 보수 증가(increasing returns to scale: IRS)’를 나타낸다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$f(k\mathbf{x}) < kf(\mathbf{x}) \Leftrightarrow DRS \quad (\text{III-6})$$

$$f(k\mathbf{x}) = kf(\mathbf{x}) \Leftrightarrow CRS \quad (\text{III-7})$$

$$f(k\mathbf{x}) > kf(\mathbf{x}) \Leftrightarrow IRS \quad (\text{III-8})$$

기업들은 각기 다른 규모에 대한 보수를 보일 수 있으며, 한 기업이 시간의 흐름에 따라 규모에 대한 보수의 성향이 변화하기도 한다. 보편적으로 규모에 대한 보수를 측정하는 도구로는 규모의 탄력성(elasticity of scale) 또는 총 생산 탄력성(total elasticity of production)이 사용된다.

$$\varepsilon = \frac{df(k\mathbf{x})}{dk} \frac{k}{f(k\mathbf{x})} \Big|_{k=1} = \sum_{n=1}^N E_n \quad (\text{III-9})$$

여기서 E_n 은 식 (III-4)의 산출량 탄력성이며, ε 의 값이 1보다 작은 경우 DRS, 1인 경우 CRS, 1보다 큰 경우 IRS를 나타낸다.

한편 기업의 의사결정은 생산극대화, 비용극소화, 이윤극대화의 관점에서 살펴볼 수 있으며, 가장 일반적으로 비용극소화를 가정할 경우 생산함수로부터 비용함수를 도출할 수 있다. 개별 기업이 생산요소 가격에 영향을 미치지 못하는 완전경쟁시장을 가정하면 기업의 비용극소화 문제는 수학적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$c(\mathbf{w}, q) = \min_{\mathbf{x}} \mathbf{w}'\mathbf{x} \quad s.t. \quad q = f(\mathbf{x}) \quad (\text{III-10})$$

여기서 $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_N)'$ 는 요소가격의 벡터이다. 비용함수 $c(\mathbf{w}, q)$ 를 직관적으로 해석하면 모든 기술적으로 실현 가능한 투입-산출 조합 중에서 산출량 q 를 생산하기 위해 발생하는 총비용을 최소화하는 생산요소들의 투입량을 결정하는 함수로 볼 수 있다. 식 (III-10)의 비용극소화 문제로부터 도출되는 비용함수의 특성은 다음과 같다.

- ① 비음(Nonnegativity) : 비용함수 $c(\mathbf{w}, q)$ 의 치역은 비음이다.
- ② $\mathbf{w}$ 에 대해 단조증가(Nondecreasing in $\mathbf{w}$) : 투입요소 가격의 증가는 비용을 감소시키지 않는다. (if $\mathbf{w}^0 \geq \mathbf{w}^1$, then $c(\mathbf{w}^0, q) \geq c(\mathbf{w}^1, q)$)
- ③ q 에 대해 단조증가(Nondecreasing in q) : 산출량 증가는 비용을 감소시키지 않는다. (if $q^0 \geq q^1$, then $c(\mathbf{w}, q^0) \geq c(\mathbf{w}, q^1)$)
- ④ 동차성(Homogeneity) : 모든 투입요소 가격을 $k > 0$ 배 증가시키면 총비용도 k 배 증가한다. ($c(k\mathbf{w}, q) = kc(\mathbf{w}, q)$ for $k > 0$)
- ⑤ 오목성(concave in $\mathbf{w}$) : 비용함수 $c(\mathbf{w}, q)$ 는 $\mathbf{w}$ 에 대해 오목하다. ($c(\theta\mathbf{w}^0 + (1-\theta)\mathbf{w}^1, q) \geq \theta c(\mathbf{w}^0, q) + (1-\theta)c(\mathbf{w}^1, q)$)

비용함수를 2차 미분 가능 함수로 가정하고 Shephard의 정리를 이용하면 식 (III-11)의 조건부 요소수요함수(conditional input demand equation)를 도출할 수 있다. 요소수요함수는 최적상태에서 목표 생산수준이 정해졌을 때 비용최소화를 만족하는 투입요소의 양 x 를 결정하는 함수식이다.

$$x_n(\mathbf{w}, q) = \frac{\partial c(\mathbf{w}, q)}{\partial w_n} \quad (\text{III-11})$$

여기서 흥미로운 점은 앞서 생산함수를 정의하고 비용극소화의 조건을 만족하는 비용함수를 도출하는 방법과 달리, 먼저 비용함수가 계량적으로 추정되면 Shephard의 정리³⁶⁾를 이용하여 조건부 요소수요함수를 도출할 수 있다는 것이다. 이러한 방법을 이원접근법(dual approach)라 부르며, 계산이 간편하고 추정을 위한 자료를 구하기 쉬운 점 등으로 널리 사용되고 있다. 특히, Schmidt and Lovell (1979)³⁷⁾에 따르면 일반적으로 산출량(Output)과 투입물 가격이 외생변수이고 투입물량과 비용이 내생변수인 경우 비용최소화의 가정 하에 비용함수를 직접 추정하는 이원접근법을 사용함으로써 ‘불일치성(Inconsistency)’과 ‘동시성(Simultaneity)’의 문제를 피할 수 있다.

비용함수가 2차 미분 가능하고 앞서 정의한 특성을 모두 만족하는 경우 조건부 요소수요함수는 다음과 특성을 가진다.

- ① 비음(Nonnegativity) : $x_n(\mathbf{w}, q) \geq 0$
- ② $\mathbf{w}$ 에 대해 단조감소(Nonincreasing in $\mathbf{w}$) : $\partial x_n(\mathbf{w}, q) / \partial w_n \leq 0$
- ③ q 에 대해 단조증가(Nondecreasing in q) : $\partial x_n(\mathbf{w}, q) / \partial q_m \geq 0$
- ④ 동차성(Homogeneity) : $x_n(k\mathbf{w}, q) = kx_n(\mathbf{w}, q)$ for $k > 0$
- ⑤ 대칭성(Symmetry) : $\partial x_n(\mathbf{w}, q) / \partial w_m \geq \partial x_m(\mathbf{w}, q) / \partial w_n$

또한 도출된 비용함수 $c(\mathbf{w}, q)$ 를 활용하여 다음의 경제학적 지표들의 정의가 가능하다.

36) Shephard의 정리는 정의된 비용함수를 임의의 생산요소가격으로 편미분한 값이 임의의 생산요소 투입량과 같음을 증명함

37) Schmidt and Lovell(1979), p. 348.

$$\text{평균비용함수(Average Cost) : } AC = \frac{c(\mathbf{w}, q)}{q} \quad (\text{III-12})$$

$$\text{한계비용함수(Marginal Cost) : } MC = \frac{\partial c(\mathbf{w}, q)}{\partial q} \quad (\text{III-13})$$

비용탄력성(Cost Elasticity) :

$$E_{cq} = \frac{\partial \ln c(\mathbf{w}, q)}{\partial \ln q} = \frac{\partial c(\mathbf{w}, q)}{c(\mathbf{w}, q)} / \frac{\partial q}{q} = \frac{MC}{AC} \quad (\text{III-14})$$

규모의 경제성(Scale Economies) :

$$\varepsilon_c = 1/E_{cq} \text{ 또는 } \varepsilon_c = 1 - E_{cq} \quad (\text{III-15})$$

식 (III-14)의 비용탄력성은 산출량을 한 단위(%) 증가시켰을 때 발생하는 비용의 변화율로 정의된다. 한계비용이 평균비용보다 높으면 산출량을 증가시키에 따라 평균비용이 상승하고, 반면 한계비용이 평균비용보다 낮으면 산출량을 증가시키에 따라 평균비용이 하락함을 의미한다. 또한 식 (III-15)의 비용탄력성을 이용한 규모의 경제성 지표 ε_c 의 값이 1보다 작은 경우 ‘규모에 대한 보수 감소(DRS)’, 1인 경우 ‘규모에 대한 보수 불변(CRS)’, 1보다 큰 경우 ‘규모에 대한 보수 증가(IRS)’를 나타낸다.

앞서 살펴본 생산함수 또는 비용함수는 각각 하나의 종속변수를 하나 이상의 설명변수들의 함수로 표현한다. 예를 들어, 생산함수는 산출량을 종속변수로 두고 이를 하나 이상의 투입요소들의 함수로써 표현하며, 비용함수는 비용을 종속변수로 두고 이를 투입요소 가격과 산출량의 함수로 나타낸다. 수학적으로는 이 모든 함수들을 다음의 식 (III-16)의 형태로 표현이 가능하다.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (\text{III-16})$$

여기서 y 는 종속변수, $x_n (n = 1, \dots, N)$ 은 설명변수이며, $f(\cdot)$ 는 일반적으로 경제학 이론과는 무관한 수학 함수를 뜻한다. 따라서 종속변수와 설명변수 간의 관계를 추정하는 첫 번째 단계는 함수 $f(\cdot)$ 의 수학적 형태를 명시하는 것에서 출발한다. Coelli et al.(2005)에 따르면 주요 함수 형태는 <표 3-1>과 같으며, 특정 함수를 선택함에 있어서 고려해야 할 사항으로는 유연성(Flexible), 선형모수(Linear in the parameters), 일반성(Regular), 경제성(Parsimonious) 등을 제시하고 있다.

본 연구에서는 선행연구 검토를 통해 생산함수와 비용함수 추정에 대표적으로 사용되고 있는 초월대수 함수(Translog Function) 모형에 대해 구체적으로 정리하고, 분석 대상의 특성과 제약조건의 현실성, 자료의 가독성 등을 종합적으로 고려하여 분석모형을 선택하였다.

<표 3-1> 주요 함수 형태

명칭	함수식
선형 모형	$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n x_n$
콕-더글라스 모형	$y = \beta_0 \prod_{n=1}^N x_n^{\beta_n}$
2차항 모형	$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} x_n x_m$
표준화된 2차항 모형	$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^{N-1} \beta_n \left(\frac{x_n}{x_N} \right) + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{m=1}^{N-1} \beta_{nm} \left(\frac{x_n}{x_N} \right) \left(\frac{x_m}{x_N} \right)$
초월대수 모형	$y = \exp \left(\beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m \right)$
일반화된 레온티에프 모형	$y = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} (x_n x_m)^{1/2}$
불변 대체탄력성 모형	$y = \beta_0 \left(\sum_{n=1}^N \beta_n x_n^\gamma \right)^{1/\gamma}$

자료: Coelli et al., *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer, 2005, p. 211

2. 비용함수 분석 모형

1) 초월대수 비용함수 모형의 설정

초월대수 함수 모형은 많은 선행연구에서 사용되는 함수로써, 1차 동차 콥-더글라스 함수가 가지는 단위대체탄력성 제약을 가하지 않은 유연한 함수 형태이다. 초월대수 생산함수의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$q = f(\mathbf{x}) = A \prod_{n=1}^N x_n^{\beta_n} \prod_{n=1}^N e^{\frac{1}{2} \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m} \quad (\text{III-17})$$

여기서 $\beta_{nm} = 0$ 인 경우 콥-더글라스 생산함수 형태가 되므로, 초월대수 생산함수는 콥-더글라스 생산함수의 일반화된 모형으로 볼 수 있다. 식 (III-17)에서 $A = e^{\beta_0}$ 로 놓고, 자연로그를 취한 생산함수로 변형시키면 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\ln q = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m \quad (\text{III-18})$$

식 (III-18)에서 정의한 초월대수 생산함수는 2차 근사가 가능한 유연한 함수이다. 특히 모수 간 선형관계를 가지며 $\sum_{n=1}^N \beta_n = r$ 과

$\sum_{n=1}^N \beta_{nm} = \sum_{m=1}^N \beta_{nm} = 0$ 인 경우 r 차 동차함수인 특성을 가지고 있다. 초월대수 생산함수로부터 비용극소화 조건을 만족하는 초월대수 비용함수의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \ln c(\mathbf{w}, q) = & \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} (\ln q)^2 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln w_n \\ & + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln w_n \ln w_m + \sum_{n=1}^N \beta_{qn} \ln q \ln w_n \end{aligned} \quad (\text{III-19})$$

여기서 w_n 은 생산요소 x_n 의 가격, q 는 산출량, $c(\mathbf{w}, q)$ 는 총비용을 나타낸다. 생산함수로부터 비용함수를 도출하는 과정은 편의상 1차 동차 콥-더글라스 생산함수를 가정하고 설명하고자 한다. 우선 산출물 y 를 생산하기 위해 노동(x_1)과 자본(x_2) 두 가지 생산요소를 투입하는 기업의 총비용을 가정한 콥-더글라스 생산함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$q = f(\mathbf{x}) = A x_1^\alpha x_2^\beta \quad (\text{III-20})$$

여기서 A 는 기술 등 고정 생산요소이며, α 와 β 는 추정해야 할 모수(parameter)이며, 1차 동차($\alpha + \beta = 1$) 조건을 가정한다. 이어서 식 (III-10)의 비용극소화를 추구하는 기업의 비용함수는 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$c(\mathbf{w}, q) = \min(w_1 x_1 + w_2 x_2) \quad s.t. \quad q = A x_1^\alpha x_2^\beta \quad (\text{III-21})$$

식 (III-20)을 $x_2 = q^{\frac{1}{\beta}} A^{-\frac{1}{\beta}} x_1^{-\frac{\alpha}{\beta}}$ 로 변환하고 식 (II-21)에 대입한 후 비용극소화 조건을 만족하는 x_1 을 나타내는 조건부 요소수요함수 식 (III-22)와 (III-23)을 유도할 수 있다.

$$x_1(w_1, w_2, q) = \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{-\frac{\beta}{\alpha+\beta}} A^{-\frac{1}{\alpha+\beta}} w_1^{-\frac{\beta}{\alpha+\beta}} w_2^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} \quad (\text{III-22})$$

$$x_2(w_1, w_2, q) = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} A^{-\frac{1}{\alpha+\beta}} w_1^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} w_2^{-\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \quad (\text{III-23})$$

조건부 요소수요함수식을 (III-21)에 대입하면 다음의 (III-24)와 같이 비용함수를 도출할 수 있다.

$$c(w_1, w_2, q) = \gamma q^r w_1^{\frac{\alpha}{r}} w_2^{\frac{\beta}{r}} \quad (\text{III-24})$$

식 (III-24)에서 $\gamma = r(A\alpha^\alpha\beta^\beta)^{-\frac{1}{r}}$, $r = \alpha + \beta$ 이며 r 은 식 (III-15)에서 정의한 규모의 경제성 지표 $\varepsilon_c = 1/E_{cq}$ 와 같다. 여기서 식 (III-24)를 로그 변환하면 다음과 같이 선형결합 형태의 비용함수식을 도출할 수 있다.

$$\ln c(w_1, w_2, q) = \ln \gamma + \left(\frac{1}{r}\right) \ln q + \left(\frac{\alpha}{r}\right) \ln w_1 + \left(\frac{\beta}{r}\right) \ln w_2 \quad (\text{III-25})$$

초월대수 비용함수도 위의 방법과 유사하게 도출이 가능하다. 한편, 식 (III-19)에 추가로 시간에 따른 기술 수준의 변화를 고려한 모형도 가능하지만 본 연구에서는 비용이 시간에 대해 독립적이라는 가정 하에 비용함수를 추정하고자 한다.

다음으로 식 (III-19)와 같이 비용함수가 정의되면 Shephard의 정리를 이용하여 다음의 비용비중식을 도출할 수 있다.

$$s_n = \beta_n + \beta_{nq} \ln q + \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln w_m \quad (\text{III-26})$$

여기서 $s_n = \frac{w_n x_n}{c(w, q)}$ 로 생산요소 x_n 이 총비용에서 차지하는 비중을

나타내며, 식 (III-25)로부터 N 개의 생산요소에 대한 N 개의 비용비중식이 도출된다. 그러나 N 개의 비용비중식 간에는 $\sum_{n=1}^N s_n = 1$ 이 성립하기 때문에 추정 시 선형종속관계가 발생하고, 이를 피하기 위해서는 비용비중식 중 하나를 제외하여야 한다.

본 연구에서는 반복결합일반화 최소자승법(ITSUR: Iterative Seemingly Unrelated Regression)을 이용하여 식 (III-19)의 비용함수와 식 (III-26)의 비용비중식을 연립방정식 형태로 동시에 추정하였으며, 이를 통해 초월대수 함수의 추정 효율성을 높이고자 하였다. 또한 일반적으로 비용함수 추정에는 투입요소가격과 산출량에 다음의 식 (III-27)의 동차조건(homogeneity condition)과 식 (III-28)의 대칭조건(symmetry condition)을 부과한다.

$$(\text{동차조건}) \quad \sum_{n=1}^N \beta_n = 1, \quad \sum_{m=1}^N \beta_{nm} = 0, \quad \sum_{n=1}^N \beta_{nq} = 0 \quad (\text{III-27})$$

$$(\text{대칭조건}) \quad \beta_{nm} = \beta_{mn} \quad \text{for all } n \neq m \quad (\text{III-28})$$

2) 규모의 경제성(Scale Economies)

일반적으로 한 산업에 규모의 경제가 존재한다는 것은 산업 전체적으로 생산량이 증가함에도 불구하고 오히려 평균비용이 감소하는 것을 말한다. 규모의 보수를 측정하는 도구로는 생산함수를 추정하였을 경우 식 (III-9)와 같이 생산탄력성(Production Elasticity)을 이용하거나, 비용함수를 추정하였을 경우 식 (III-14)와 같이 비용탄력성(Cost Elasticity)을 이용할 수 있다. 따라서 본 연구에서와 같이

식 (III-19)의 초월대수 비용함수 모형을 이용할 경우 비용탄력성은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{cq} = \frac{\partial \ln c(\mathbf{w}, q)}{\partial \ln q} = \beta_q + \beta_{qq} \ln q + \sum_{n=1}^N \beta_{qn} \ln w_n \quad (\text{III-29})$$

최종적으로 규모의 경제(ε_c)는 식 (III-30)과 같이 정의할 수 있으며, ε_c 의 값이 0보다 작은 경우 ‘규모에 대한 보수 감소(decreasing returns to scale: DRS)’, 0인 경우 ‘규모에 대한 보수 불변(constant returns to scale: CRS)’, 0보다 큰 경우 ‘규모에 대한 보수 증가(increasing returns to scale: IRS)’를 나타낸다.

$$\varepsilon_c = 1 - E_{cq} = 1 - (\beta_q + \beta_{qq} \ln q + \sum_{n=1}^N \beta_{qn} \ln w_n) \quad (\text{III-30})$$

3) 가격탄력성(Price Elasticity)과 대체탄력성(Elasticity of Substitution)

비용함수와 요소비중식의 추정을 통해 산출이 가능한 또 다른 중요한 경제지표로는 가격탄력성과 대체탄력성이 있다. 가격탄력성은 가격이 1% 변화하였을 때 수요량이 몇 % 변화하는가를 측정하는 지표로써, 일반적으로 절댓값이 1보다 크면 해당 상품의 수요가 가격에 탄력적이라 하고, 1보다 작으면 비탄력적이라고 한다.³⁸⁾ 상품의 수요량은 해당 상품 자체 가격의 변화에 따라 변화할 뿐만 아니라 다른 상품의 가격 변화에 따라 변화하기도 한다. 이에 전자를 자체가격 탄력성(own price elasticity), 후자를 교차가격탄력성(cross price

38) 이준구(2006), pp. 27~30.

elasticity)으로 구분하기도 한다. 가격탄력성의 일반적인 형태는 다음의 식 (III-31)과 같다.

가격탄력성(Price Elasticity) :

$$\eta_{nm} = \frac{\% \Delta x_n}{\% \Delta w_m} = \frac{d \ln x_n}{d \ln w_m} \quad (\text{III-31})$$

초월대수 비용함수 모형으로부터 가격탄력성을 산출하는 경우 추정된 비용비중식의 계수를 이용하면 다음의 식 (III-32)와 같이 자체 가격탄력성과 교차가격탄력성의 계산이 가능하다.

$$\begin{aligned} \eta_{nm} &= \frac{\beta_{nm}}{s_n} + s_m \text{ for all } n \neq m \text{ and} \\ \eta_{nn} &= \frac{\beta_{nn}}{s_n} + s_n - 1 \text{ for all } n \end{aligned} \quad (\text{III-32})$$

한편, 대체탄력성은 생산량을 일정한 수준에 유지한 상태에서 생산요소 간 대체가 용이한지를 측정하는 지표로써, 대체탄력성이 클수록 생산요소 간 대체가 용이하다는 것을 의미한다.³⁹⁾ 두 투입요소 간 대체탄력성은 다음의 식 (III-33)과 같이 정의할 수 있다.

대체탄력성(Elasticity of Substitution) :

$$\sigma_{nm} = \frac{d \ln x_n / x_m}{d \ln MRTS_{mn}} \quad (\text{III-33})$$

여기서 $MRTS_{mn}$ 은 투입요소 n 에 대한 투입요소 m 의 한계기술대체율을 나타낸다. 다만 식 (III-33)에서 정의된 대체탄력성은 두 개의 투입요소만이 존재할 때 적용이 가능한 것으로, 일반적으로 투입요

39) 이준구(2006), pp. 205~208.

소가 N 개인 생산 구조에서 두 투입요소 간 대체탄력성 측정에는 Hicks-Allen 대체탄력성과 Morishima 대체탄력성이 사용된다. 두 대체탄력성 역시 추정된 비용비중식의 계수를 사용하여 다음과 같이 계산이 가능하다.

Hicks-Allen 대체탄력성 :

$$\eta_{nm} = \frac{\beta_{nm}}{s_n} + s_m \text{ for all } n \neq m \text{ and} \quad (\text{III-34})$$

$$\eta_{nn} = \frac{\beta_{nn}}{s_n} + s_n - 1 \text{ for all } n$$

Morishima 대체탄력성 :

$$\eta^{M}_{nm} = \eta_{nm} - \eta_{mm} \text{ for all } n \neq m \text{ and} \quad (\text{III-35})$$

$$\eta^{M}_{nn} = 0 \text{ for all } n$$

제3절 실증 분석

1. 자료 분석

1) 자료의 구축

본 연구의 분석에는 자체 설문조사를 통해 확보한 전국 13개 컨테이너터미널 운영사의 손익계산서와 인력 및 보유장비 현황 자료를 사용하였다. 시간은 2007년부터 2017년까지 11년간, 전체 관측치수는 116개의 자료를 이용하여 분석하였다. 본 연구에서 선정한 세 가

지 투입요소의 비용항목 및 투입량은 다음의 <표 3-2>와 같다.

각 운영사의 총비용을 구성하는 다양한 투입요소를 세 가지 항목으로 구분한 이유는 다음과 같다. 첫째, 식 (Ⅲ-19)와 같은 초월대수 비용함수 모형에서 추정해야 할 모수의 수는 투입요소의 수에 따라 기하급수적으로 증가한다. 전체 관측치수가 116개로 한정된 상황에서 모형의 설명력을 확보하기 위해서는 사용가능한 변수의 수에 제한이 가해지며, 그런 상황 하에서 관측치들의 변수 내 동질성과 변수 간 이질성을 가지도록 분류를 해야 한다. 둘째, 각 운영사마다 세부 항목별 비용 산정방식에 차이가 있어 투입요소를 세분화할수록 모수 추정에 편의가 발생할 수 있다. 셋째, 특정 투입요소의 비용과 투입량의 경우 운영사의 영업기밀로 간주되어 설문조사를 통해 확보하기 어려운 점이 존재한다. 이에 본 연구에서는 위의 문제점들을 종합적으로 고려하여 컨테이너터미널 운영사의 총비용을 크게 인건비, 자본비, 운영비 세 가지 요소로 분류하였다.

또한 초월대수 비용함수를 추정하기 위해서는 각 비용 항목별 단위가격 자료가 필요하다. 그러나 분석에 이용된 자료는 세부 비용이 항목별 비용으로 묶여 분류되었기 때문에 각 항목별 비용에 대해 정확한 투입량을 파악하기에 한계가 있다. 예를 들어, 인건비의 경우 투입량은 종사자 수로 산정하는 것이 일반적이나 본 연구에서 정의한 인건비에는 급여여와 외부용역비가 묶여 포함되어 있으며, 이는 운영사별 외부용역비에 대한 종사자 수 파악에는 현실적인 어려움이 존재하기 때문이다. 이에 인건비와 운영비의 경우에는 각 요소비용이 당해 총 컨테이너 처리량에 따라 결정된다는 가정 하에 각 비용을 컨테이너 처리량으로 나누어 단위가격을 추정하였다. 반면 자본비의 경우에는 구성요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 부두임대료가 각 터

미널의 연간 하역능력을 기준으로 산정된다는 가정 하에 요소비용을 연간 컨테이너 하역능력으로 나누어 단위가격을 산출하였다.

〈표 3-2〉 투입요소의 단위가격 도출을 위한 요소비용과 투입량의 정의

구분	요소비용	투입량
인건비	제급여(급여, 퇴직급여, 복리후생비 포함), 외부용역비	컨테이너 처리량(TEU)
자본비	부두임대료(민자터미널의 경우 관리운영권), 하역작업을 위해 투자한 시설, 장비, 무형의 소프트웨어 등에 대한 비용(감가상각비 포함)	하역능력(TEU)
운영비	수도광열비, 동력비, 교육훈련비, 수선비, 보험료 등 위의 두 요소비용을 제외한 나머지 비용	컨테이너 처리량(TEU)

자료: 저자작성

이 밖에 총비용과 각 요소비용은 분석에 앞서 〈표 3-3〉의 2010년 기준 한국은행 생산자물가지수를 사용하여 물가변동을 감안한 2010년 기준 불변가격으로 환산하였다.

〈표 3-3〉 한국은행 생산자 물가지수(2010=100)

연도	물가지수	연도	물가지수	연도	물가지수
2007	88.93	2011	106.71	2015	100.95
2008	96.53	2012	107.45	2016	99.11
2009	96.33	2013	105.73	2017	102.54
2010	100	2014	105.17		

자료: <https://ecos.bok.or.kr>(검색일: 2018. 8. 9.)

2) 자료의 특성

분석에 사용된 총 13개 국내 컨테이너터미널 운영사들의 총비용, 요소비용 및 산출물 자료를 개관하면 〈표 3-4〉와 같다. 평균 총비용은 약 573억 원이며, 이 중 인건비가 231억 원, 자본비가 192억 원,

운영비가 150억 원을 차지하고 있다. 다만 총비용의 표준편차가 438억 원에 달하고 최댓값이 최솟값의 70배가 넘어 자료에 포함된 운영사들의 규모에 큰 차이가 있음을 확인할 수 있다. 산출물인 컨테이너 처리량에 있어서도 평균은 122만 TEU이나 최댓값은 463만 TEU이고 최솟값은 1.2만 TEU로 큰 차이를 보였다.

〈표 3-4〉 분석 자료의 기초통계량

단위: 억 원, TEU

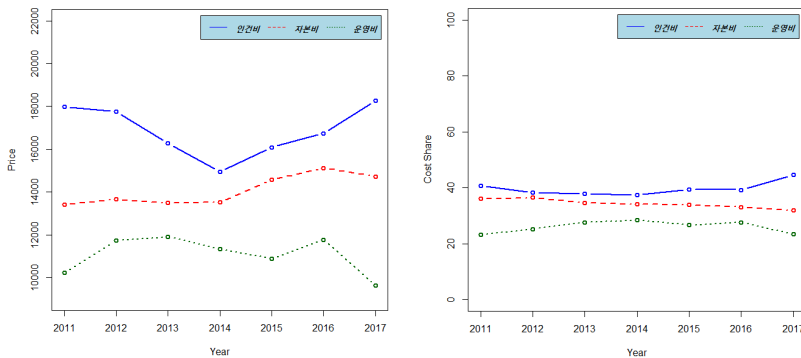
구분		평균	표준편차	최솟값	최댓값
총비용		572.51	438.09	23.09	1,761.36
요소 비용	인건비	230.63	212.12	6.28	929.00
	자본비	192.29	149.32	7.22	542.72
	운영비	149.59	132.45	8.63	504.97
산출물 (컨테이너 처리량)		1,219,945	1,053,701	11,757	4,626,435

자료: 저자작성

〈그림 3-1〉과 〈표 3-5〉는 2011년에서 2017년 기간 전체 운영사들의 평균 요소가격과 요소비용 비중의 연도별 변화 추이를 보여준다. 먼저 요소가격의 변화를 살펴보면, 산출물당 인건비의 경우 점차 감소하다 2014년을 기점으로 다시 상승하는 추세를 보여주고 있으며, 임대료 및 감가상각비 등 고정비가 큰 비중을 차지하는 자본비는 가격에 큰 변화가 없는 것이 특징이다. 반면, 인건비와 자본비를 제외한 기타 운영비의 산출물당 가격은 2012년 이후 점차 하락하는 추세를 보이고 있다. 요소비용 비중의 연도별 변화를 살펴보면 각 요소의 비중에 큰 변화가 없는 가운데 인건비가 가장 큰 비중을 차지하고 다음으로 자본비, 운영비 순으로 구성되어 있다. 〈표 3-6〉은 운영사별 평균 요소가격과 요소비용 비중을 보여준다. 운영사별 평균 요소비용을 살펴보면

산출물당 인건비가 20,302원, 자본비 13,914원, 운영비 15,263원으로 나타났으며, 표준편차가 상당히 크게 나타나 운영사 간 요소비용의 차이가 큰 것으로 분석되었다. 운영사별 평균 요소비용 비중의 경우 인건비가 40% 정도로 가장 크게 나타났으며, 비교적 높은 표준편차를 보여 운영사 간 비용구조의 차이가 큰 것을 확인할 수 있다.

〈그림 3-1〉 연도별 평균 요소가격과 요소비용 비중 변화 추이



자료: 저자작성

〈표 3-5〉 연도별 평균 요소가격과 요소비용 비중

연도	평균 요소비용(단위: 원)			평균 요소비용 비중(단위: %)		
	인건비	자본비	운영비	인건비	자본비	운영비
2011	17,970	13,417	10,230	40.75	36.05	23.20
2012	17,755	13,662	11,735	38.25	36.48	25.28
2013	16,279	13,486	11,902	37.78	34.59	27.63
2014	14,955	13,528	11,329	37.45	34.18	28.37
2015	16,082	14,563	10,887	39.46	33.83	26.71
2016	16,732	15,127	11,775	39.27	33.10	27.63
2017	18,278	14,715	9,628	44.62	31.88	23.50
평균	16,864	14,071	11,069	39.65	34.30	26.05
표준편차	1,199	707	868	2.46	1.60	2.08

자료: 저자작성

〈표 3-6〉 운영사별 평균 요소가격과 요소비용 비중

운영사	평균 요소비용(단위: 원)			평균 요소비용 비중(단위: %)		
	인건비	자본비	운영비	인건비	자본비	운영비
A	15,963	14,825	6,532	41.13	42.04	16.83
B	19,409	19,218	8,487	40.74	41.45	17.81
C	16,091	19,948	9,230	38.80	38.94	22.26
D	27,271	21,505	11,647	45.30	35.36	19.35
E	26,187	15,128	6,743	57.08	28.22	14.70
F	14,745	23,067	13,074	33.26	37.26	29.49
G	20,104	8,159	10,895	45.02	30.58	24.40
H	35,090	5,448	19,634	51.42	19.81	28.77
I	27,003	18,021	9,871	50.82	30.60	18.58
J	22,662	2,849	40,233	25.93	28.05	46.03
K	18,897	7,985	12,610	46.48	22.51	31.01
L	2,073	14,440	36,612	3.23	39.74	57.04
M	18,435	10,287	12,849	44.65	24.24	31.12
평균	20,302	13,914	15,263	40.30	32.21	27.49
표준편차	7,950	6,461	10,834	13.71	7.47	12.25

자료: 저자작성

2. 초월대수 비용함수 추정

국내 컨테이너항만의 비용함수를 컨테이너 처리량, 인건비, 자본비, 운영비 항목을 이용하여 정의하면 다음의 식 (Ⅲ-36)와 같이 표현할 수 있다.

$$TC = c(q, w_l, w_r, w_o) \quad (\text{Ⅲ-36})$$

여기서, TC 는 총비용, q 는 컨테이너 처리량, w_l , w_r , w_o 는 각각 임금가격, 자본가격, 운영관리가격을 의미한다. 식 (Ⅲ-36)을 식 (Ⅲ

-19)에서 정의한 초월대수 비용함수 모형에 적용하면 식 (Ⅲ-37)과 같은 오차항을 포함한 보편적인 비용함수를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln TC = & \beta_0 + \beta_q \ln q + \frac{1}{2} \beta_{qq} (\ln q)^2 + \sum_i \beta_i \ln w_i \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i \beta_{qi} \ln q \ln w_i + \epsilon \\ & (i, j = l, r, o) \end{aligned} \quad (\text{Ⅲ-37})$$

또한 위의 비용함수를 이용하여 각 인건비, 자본비, 운영비의 비용비중식을 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} s_l &= \beta_l + \beta_{ql} \ln q + \beta_{ll} \ln w_l + \beta_{lr} \ln w_r + \beta_{lo} \ln w_o \\ s_r &= \beta_r + \beta_{qr} \ln q + \beta_{rl} \ln w_l + \beta_{rr} \ln w_r + \beta_{ro} \ln w_o \\ s_o &= \beta_o + \beta_{qo} \ln q + \beta_{ol} \ln w_l + \beta_{or} \ln w_r + \beta_{oo} \ln w_o \end{aligned} \quad (\text{Ⅲ-38})$$

3. 분석 결과

1) 초월대수 비용함수 추정결과

비용함수와 비용비중식을 연립방정식 형태로 동시에 추정할 때 비용비중식의 합이 1인 선형종속 관계를 피하기 위해 비용비중식 중 하나를 제외하고 추정하여야 한다. 이에 본 연구에서는 운영비의 비용비중식 s_o 를 제외하였다. <표 3-7>은 동차조건과 대칭조건의 제약을 가하지 않은 초월대수 비용함수의 추정결과를 보여준다. 대부분의 계수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 특히 2차항의 계수들이 유의하게 나타나 콥-더글라스 형태로의 추가적인 모형에 대한 제약이 필요하지 않은 것으로 분석되었다. 또한 비용함수와 인건

비 및 자본비 비용비중식의 수정결정계수가 각각 0.9895, 0.8421, 0.4131로 산출되어 모형의 적합도가 상당히 높은 것으로 나타났다.

〈표 3-7〉 초월대수 비용함수 추정결과(제약조건 미부여)

모수	추정치	표준오차	t-통계량	p-value
β_l	0.468433	0.1211	3.87	0.0002 ***
β_{ll}	0.134988	0.00566	23.83	<.0001 ***
β_{lr}	-0.03994	0.00756	-5.28	<.0001 ***
β_{lo}	-0.12566	0.00583	-21.54	<.0001 ***
β_{lq}	0.012739	0.00463	2.75	0.007 ***
β_r	-0.07129	0.1585	-0.45	0.6537
β_{rl}	-0.03248	0.00727	-4.47	<.0001 ***
β_{rr}	0.09084	0.0102	8.89	<.0001 ***
β_{ro}	0.008904	0.0082	1.09	0.28
β_{rq}	-0.01632	0.00586	-2.78	0.0064 ***
β_o	-0.53455	0.2806	-1.91	0.0596 *
β_{ol}	-0.12364	0.00784	-15.77	<.0001 ***
β_{or}	-0.01926	0.0129	-1.49	0.1386
β_{oo}	0.188776	0.0183	10.32	<.0001 ***
β_{oq}	0.035893	0.00916	3.92	0.0002 ***
β_0	10.84838	2.3311	4.65	<.0001 ***
β_q	0.343329	0.1563	2.2	0.0303 **
β_{qq}	0.023287	0.00588	3.96	0.0001 ***
추정한 모수 개수		18	반복(iteration) 횟수	12
수정결정계수(Adjusted R^2)				
비용함수			0.9895	
비용비중식	인건비 비중(s_l)		0.8421	
	자본비 비중(s_r)		0.4131	

주: p-value의 ***는 1%, **는 5%, *는 10%에서 통계적으로 유의함을 각각 나타냄.

자료: 저자 작성

한편 식 (III-27)의 동차조건과 식 (III-28)의 대칭조건 제약을 부과하는 것이 적합한지에 대한 검정을 동시에 시행하였다. <표 3-8>은 제약에 대한 유의성 검정 결과를 보여준다. 동차조건과 대칭조건에 대한 결합 검정 결과 귀무가설을 기각하여 귀무가설의 제약식 중 적어도 하나는 등식이 성립하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 일반적으로 비용함수 추정에 있어서 검정결과와는 별개로 비용함수의 장기 비용최소화를 위해 동차조건과 대칭조건을 부여하고 있다.⁴⁰⁾ 또한 제약조건을 부과함으로써 추정해야 할 모수의 수를 줄이고 자유도를 추가로 확보할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 최종적으로 제약조건을 부과한 초월대수 비용함수를 추정하고 이를 통해 각 경제지표를 산출하였다.

<표 3-8> 동차조건과 대칭조건 유의성 결합 검정 결과

구분	귀무가설	F-통계량	p-value
동차조건	$\beta_l + \beta_r + \beta_o = 1$ $\beta_{ll} + \beta_{lr} + \beta_{lo} = 0$ $\beta_{rl} + \beta_{rr} + \beta_{ro} = 0$ $\beta_{ol} + \beta_{or} + \beta_{oo} = 0$ $\beta_{lq} + \beta_{rq} + \beta_{oq} = 0$	123.33	<.0001 ***
대칭조건	$\beta_{lr} = \beta_{rl}$ $\beta_{lo} = \beta_{ol}$ $\beta_{ro} = \beta_{or}$	81.10	<.0001 ***
Joint Test		348.66	<.0001 ***

주: p-value의 ***는 1%, **는 5%, *는 10%에서 통계적으로 유의함을 각각 나타냄.

자료: 저자 작성

40) 신용민·심성현(2017), p. 63.

동차조건과 대칭조건 제약을 부과한 인건비와 자본비의 비용비중식 추정결과는 다음의 <표 3-9>와 같다. 임금가격의 1차항 계수 β_l 을 제외한 모든 계수가 통계적으로 유의하게 나타났으며, 비용함수와 인건비 및 자본비 비용비중식의 수정결정계수가 각각 0.9764, 0.8437, 0.1891로 산출되어 모형의 적합도 역시 상당히 높은 것으로 나타났다.

<표 3-9> 초월대수 비용함수 추정결과

모수	추정치	표준오차	t-통계량	p-value
β_l	-0.02676	0.0522	-0.51	0.6092
β_{ll}	0.138555	0.00505	27.44	<.0001 ***
β_{lr}	-0.04485	0.00472	-9.49	<.0001 ***
β_{lo}	-0.09371	0.00184	-50.85	<.0001 ***
β_{lq}	0.027962	0.00368	7.6	<.0001 ***
β_r	1.169523	0.0657	17.8	<.0001 ***
β_{rl}	-0.04485	0.00472	-9.49	<.0001 ***
β_{rr}	0.12383	0.00483	25.65	<.0001 ***
β_{ro}	-0.07898	0.00279	-28.34	<.0001 ***
β_{rq}	-0.06099	0.00463	-13.17	<.0001 ***
β_o	-0.14276	0.0426	-3.35	0.0011 ***
β_{ol}	-0.09371	0.00184	-50.85	<.0001 ***
β_{or}	-0.07898	0.00279	-28.34	<.0001 ***
β_{oo}	0.172686	0.00234	73.74	<.0001 ***
β_{oq}	0.033031	0.00305	10.83	<.0001 ***
β_0	6.186791	0.6597	9.38	<.0001 ***
β_q	0.425573	0.0898	4.74	<.0001 ***
β_{qq}	0.030155	0.00615	4.91	<.0001 ***
추정한 모수 개수		10	반복(iteration) 횟수	9
수정결정계수(Adjusted R^2)				
비용함수				0.9764
비용비중식	인건비 비중(s_l)			0.8437
	자본비 비중(s_r)			0.1891

주: p-value의 ***는 1%, **는 5%, *는 10%에서 통계적으로 유의함을 각각 나타냄.

자료: 저자 작성

〈표 3-10〉은 최종적으로 추정한 초월대수 비용함수가 제약조건을 적합하게 반영하고 있는지를 확인하기 위해 제약에 대한 유의성 검정을 실시한 결과이다. 개별가설에 대한 검정 결과 동차조건의 경우 대부분 귀무가설을 기각하지 못해 제약조건을 잘 반영하고 있는 것으로 나타났으며, 대칭조건의 경우는 1% 유의수준 하에서 귀무가설을 기각하여 통계적으로 제약조건이 적합하지 않은 것으로 나타났다.

〈표 3-10〉 동차조건과 대칭조건 유의성 개별 검정 결과

구분	귀무가설	t-통계량	p-value
동차조건	$\beta_l + \beta_r + \beta_o = 1$	0.16	0.8745
	$\beta_{ll} + \beta_{lr} + \beta_{lo} = 0$	-1.10	0.2733
	$\beta_{rl} + \beta_{rr} + \beta_{ro} = 0$	-2.52	0.0111 **
	$\beta_{ol} + \beta_{or} + \beta_{oo} = 0$	0.47	0.6407
	$\beta_{lq} + \beta_{rq} + \beta_{oq} = 0$	-0.06	0.9502
대칭조건	$\beta_{lr} = \beta_{rl}$	3.05	0.0020 ***
	$\beta_{lo} = \beta_{ol}$	-5.07	<.0001 ***
	$\beta_{ro} = \beta_{or}$	-8.12	<.0001 ***

주: p-value의 ***는 1%, **는 5%, *는 10%에서 통계적으로 유의함을 각각 나타냄.

자료: 저자 작성

2) 규모의 경제성

〈표 3-9〉의 초월대수 비용함수 추정결과를 이용하여 규모의 경제성을 분석하였다. 먼저 식 (Ⅲ-29)에 β_q , β_{qq} , β_{lq} , β_{rq} , β_{oq} 의 계수 추정치와 각 연도별·운행사별 평균 자료를 적용하여 비용탄력성을 계산하고, 이후 식 (Ⅲ-30)을 이용하여 규모의 경제성을 산출하였다. 연도별·운행사별 규모의 경제성을 살펴보면 〈표 3-11〉과 같다. 분석 결과 우리나라 컨테이너항만은 모든 기간과 모든 운영사에 규모의

경제가 존재하는 것으로 나타났다. 특히 전 분석 기간에 걸쳐 규모의 경제가 0.36 정도로 일정하게 나타나 산업이 아직까지 규모의 경제가 사라지는 지점까지 미치지 못했음을 확인할 수 있다. 이는 우리나라 컨테이너항만이 최적규모인 최소효율규모에 근접하지 못했으며, 현재 이상의 규모 확대가 비용대비 산출량을 크게 증가시키는 ‘규모에 대한 보수 증가’를 의미한다. 이에 규모의 경제 효과를 충분히 누리기 위해서는 컨테이너터미널 운영사의 규모 확대가 필요하다.

최근 정부는 부산항 컨테이너터미널 체계를 현재의 ‘다수 소형 터미널’ 체계에서 ‘대형 터미널’ 체계로 개편하는 계획⁴¹⁾을 발표하였다. 구체적으로는 부산항 컨테이너터미널의 11개 터미널 운영사(부산항 신항 2-4, 2-5, 2-6단계 개장 시)를 6개(또는 7개)로 통합함으로써 터미널 당 선석 수를 현행 4.1개에서 7.6개(또는 6.5개)로 확대하는 방안이다. 본 연구의 규모의 경제성 분석 결과에 따르면 정부의 이번 터미널 운영사 체제 개편 계획은 바람직한 정책방향으로 판단된다.

〈표 3-11〉 연도별·운영사별 규모의 경제성

연도	비용탄력성(E_{cq})	규모의 경제(ε_c)	운영사	비용탄력성(E_{cq})	규모의 경제(ε_c)
2007	0.6355	0.3645	A	0.6301	0.3699
2008	0.6458	0.3542	B	0.6331	0.3669
2009	0.6441	0.3559	C	0.6285	0.3715
2010	0.6421	0.3579	D	0.6393	0.3607
2011	0.6384	0.3616	E	0.6182	0.3818
2012	0.6410	0.3590	F	0.6261	0.3739

41) 해양수산부 보도자료, <http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=23402&searchSelect=title&boardKey=10&searchStartDate=2018-08-27&searchEndDate=2018-09-27&menuKey=376¤tPageNo=3>(검색일: 2018. 10. 15)

연도	비용탄력성(E_{c1})	규모의 경제(ε_c)	운영사	비용탄력성(E_{c1})	규모의 경제(ε_c)
2013	0.6421	0.3579	G	0.6478	0.3522
2014	0.6415	0.3585	H	0.6608	0.3392
2015	0.6407	0.3593	I	0.6125	0.3875
2016	0.6415	0.3585	J	0.6573	0.3427
2017	0.6433	0.3567	K	0.6690	0.3310
			L	0.6229	0.3771
			M	0.6408	0.3592

자료: 저자 작성

3) 가격탄력성과 대체탄력성

〈표 3-12〉는 식 (III-31)에서 정의한 가격탄력성을 산출한 결과이다. 가격탄력성 행렬의 대각선원소는 자체가격탄력성을 나타내며, 세 개의 값 모두 음(-)임을 확인할 수 있다. 반면 교차가격탄력성을 나타내는 비대각원소는 모두 양(+)의 값을 가지며, 특히 인건비와 자본비 간의 가격탄력성이 상대적으로 높게 나왔다. 예를 들어, 가격탄력성 행렬의 1×2 요소인 0.2092는 자본의 가격이 1% 상승하였을 때 노동 수요량이 0.2092%만큼 증가한다고 해석할 수 있다. 다만 가격탄력성 행렬 내 모든 요소의 절댓값이 1보다 작아 투입요소 수요량의 변화가 가격의 변동에 대해 비탄력적인 것으로 분석되었다.

〈표 3-12〉 가격탄력성

	인건비	자본비	운영비
인건비	-0.253652	0.2092345	0.0444177
자본비	0.2601714	-0.293326	0.0331548
운영비	0.063665	0.0382178	-0.101883

자료: 저자 작성

〈표 3-13〉과 〈표 3-14〉는 생산량을 일정 수준으로 유지한 상태에서 생산 투입요소 간 대체가 용이한지를 측정하는 지표인 대체탄력성을 분석한 결과이다. 먼저 〈표 3-13〉의 Hicks-Allen 대체탄력성을 살펴보면, 식 (III-33)에 정의한 산출 공식에 따라 대칭행렬로 나타남을 볼 수 있다. 분석 결과 비대각원소의 값이 모두 양(+)의 값을 가지는 것은 노동, 자본, 생산운영의 투입요소 간 일정부분 대체가 가능함을 보여준다. 다만, 산출된 대체탄력성 값이 모두 1보다 작아 실제 생산 투입요소 간 대체 가능성은 미미한 것으로 분석되었다. 〈표 3-14〉의 Morishima 대체탄력성 역시 비슷한 결과를 보여준다.

〈표 3-13〉 Hicks-Allen 대체탄력성

	인건비	자본비	운영비
인건비	-0.634612	0.6509219	0.1592833
자본비	0.6509219	-0.912528	0.1188943
운영비	0.1592833	0.1188943	-0.365355

자료: 저자 작성

〈표 3-14〉 Morishima 대체탄력성

	인건비	자본비	운영비
인건비	0	0.5025607	0.1463005
자본비	0.5138236	0	0.1350376
운영비	0.3173172	0.331544	0

자료: 저자 작성

제4절 분석 결과 종합

본 연구에서는 국내 컨테이너항만 터미널 운영사들의 생산 및 비용 구조 파악을 위해 초월대수 비용함수를 추정하였다. 전국 11개 항만의 29개 컨테이너터미널 운영사 중 설문에 응한 13개 운영사의 생산 및 비용 자료를 수집하였으며, 2007년부터 2017년 기간의 총 116개 관측치를 분석하였다. 비용함수 추정을 통해 도출한 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 최종 선정된 분석 모형은 인건비, 자본비, 운영비의 세 개의 요소가격과 산출량(컨테이너 처리량)으로 구성된 초월대수 비용함수 모형이다. 반복결합일반화 최소자승법(ITSUR)을 사용하여 비용함수와 요소비중식을 연립방정식 형태로 동시에 추정하였으며, 그 결과 대부분의 추정계수가 통계적으로 유의하게 도출되었다. 또한 추정된 초월대수 비용함수는 부과된 제약을 대체로 유의하게 잘 반영한 것으로 분석되었으며, 비용함수의 수정결정계수는 0.9764로 나타나 모형의 적합도가 매우 높은 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 추정된 초월대수 비용함수의 계수를 이용하여 규모의 경제성을 분석하였다. 연도별·운영사별 규모의 경제성 분석 결과 우리나라 컨테이너항만은 모든 분석 기간과 운영사에 걸쳐 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 운영사들이 최적규모인 최소효율 규모에 아직 미치지 못했으며, 규모의 경제 효과를 충분히 누리기 위해서는 우리나라 컨테이너터미널 운영사의 규모 확대가 필요함을 의미한다.

셋째, 가격탄력성과 생산요소 간 대체탄력성을 분석하였다. 생산요소의 가격이 1% 변화하였을 때 수요량이 몇 % 변화하는지를 측정

하는 가격탄력성을 산출한 결과 전체적으로 모든 요소의 절댓값이 1보다 작아 생산요소 수요량의 변화가 가격의 변동에 대해 비탄력적인 것으로 분석되었다. 또한 생산량을 일정한 수준으로 유지한 상태에서 생산요소 간 대체가 용이한지를 측정하는 대체탄력성 산출 결과 양(+)의 값이 나타나 생산요소 간 대체가 가능함을 보여준다. 다만, 산출된 대체탄력성 값이 모두 1보다 작아 실제 생산 투입요소 간 대체 가능성은 미미한 것으로 분석되었다.

본 연구는 우리나라 컨테이너항만의 터미널 운영사를 대상으로 초월대수 비용함수를 추정하여 규모의 경제성과 가격탄력성 및 대체탄력성을 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 다만 기본적으로 산업에 진입장벽이 존재하여 운영사의 수가 30개 내외로 제한이 되며, 일관성 있는 자료의 확보가 어려워 보다 세밀한 분석을 위한 충분한 관측치 수를 보장받을 수 없었다. 또한 상대적으로 구조 조정이 빈번한 산업 환경으로 인해 장기간 시계열 자료가 존재하지 않는 점이 연구의 한계점으로 나타났다.

제 4 장

국내 컨테이너항만의 비용 효율성 분석

제4장에서는 제3장에서 추정한 비용함수 모형을 이용하여 국내 컨테이너터미널 운영사의 선도업체 대비 비용 효율성을 분석한다. 확률변경분석법을 활용하여 업체별 비용 효율성을 측정하고, 분석 결과를 자료포락분석법과 비교 검토한다. 또한 효율성 결정요인 분석을 통해 국내 컨테이너항만의 비용 효율성 개선을 위한 시사점을 도출한다.

제1절 선행연구 검토

1. 항만산업의 효율성을 분석한 연구

1) 강현구·류동근·손보라(2012)

강현구·류동근·손보라(2012)는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: DEA) 모형을 이용하여 국내 컨테이너터미널 운영사 간 경

영 효율성을 비교·분석하였다. 2009년 기준 국내 18개 컨테이너터미널 운영사를 분석 대상으로 상정하였으며, 변수로는 경영 분석에서 가장 중요한 인건비, 임대료, 관리비용(경상비용-(인건비+임대료))을 투입변수로 선정하였고, 매출액과 영업이익을 산출변수로 선정하였다.

분석을 통해 도출된 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 중소기업의 컨테이너터미널 운영사의 경영 효율성이 더 높게 나타나 항만운영의 효율성은 항만의 규모에 영향을 받지 않는다. 둘째, 부산항과 광양항의 컨테이너터미널 운영사의 경영 효율성은 타 항만 운영사 대비 낮은 것으로 분석되었으며, 이는 신규 터미널이 공급되면서 시설 공급에 비해 컨테이너 처리량이 적고 운영사들 간의 과다경쟁으로 인해 경영 수지가 악화된 것으로 판단된다. 또한 낮은 경영 효율성으로 인해 컨테이너터미널 운영을 중단하거나, 인력 감축을 통해 효율성을 향상시키기 위한 시도가 발생하였다.

강현구·류동근·손보라(2012)는 연구 결과에 따른 시사점으로 컨테이너터미널 운영의 효율성개선을 위해서 물동량 변화에 따라 생산요소 투입량의 최적화가 이뤄져야 하며, 신규 개장 컨테이너터미널의 경우 적정 물동량이 확보될 때까지 하역요율 안전화를 위한 방안을 설정하고 업체 간의 협력이 필요함을 제시하였다.

2) 박노경(2010)

박노경(2010)은 자료포락분석 모형과 확률변경분석(Stochastic Frontier Analysis: SFA) 모형을 이용하여 국내 컨테이너터미널의 효율성을 측정하고, 분석 결과를 바탕으로 정책적 시사점을 제시하였다. 국내 8개 컨테이너터미널 운영사를 대상으로 4개의 투입물(종업원 수, 부두길이, 컨테이너 야드, 갠트리크레인 수)과 1개의 산출물

(컨테이너화물 처리량)을 이용하여 효율성을 측정하였다. 분석에 사용한 생산함수 모형은 다음과 같다.

$$Y = f(E, B, CY, C/C)$$

여기서 Y는 컨테이너화물 처리량을 의미하며, E는 종업원 수, B는 부두길이, CY는 컨테이너 야드, C/C는 갠트릭크레인 대수를 의미한다.

분석을 통해 도출된 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 전통적인 평균반응함수는 기술적 비효율성 효과를 고려하지 않아 자료를 적절하게 표현하지 못한다. 둘째, 시간에 따른 효과를 고려한 시계열분석에서는 콥-더글라스 모형과 초월대수 모형 모두 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다. 셋째, 국내 컨테이너터미널의 기술적 효율성은 상대적으로 높은 수준이다. 따라서 생산요소 투입량을 생산변경에 근접한 생산량을 산출하도록 증가시킴으로써 터미널을 관리·운영하는 과정에서 발생 가능한 비효율성을 상쇄할 수 있는 규모에 대한 수익 체증이 나타날 수 있다. 넷째, 컨테이너터미널의 기술적 효율성 향상을 위해서는 운영사별 컨테이너 물동량 증가 방안을 모색해야 한다.

연구 결과로부터 도출할 수 있는 시사점으로 항만운영에 관여하는 정책입안자가 확률변경분석 모형을 이용하여 더욱 정확한 효율성을 측정·평가하는 시스템 구축이 필요하며, 기술적 효율성 향상을 위해 컨테이너 물동량을 추가적으로 확보하기 위한 투자가 필요함을 제시하였다.

3) 김운수·곽규석(2005)

김운수·곽규석(2005)은 확률변경분석 모형을 이용하여 연도별 국내외 32개 컨테이너터미널의 효율성을 분석하였으며, 해외 터미널과의 비교분석을 통해 우리나라 컨테이너터미널의 효율성을 향상시킬

수 있는 방안을 도출하였다. 투입변수로는 안벽 길이, TGS, 안벽크레인 수, 야드크레인 수를 선정하였으며, 산출변수로는 컨테이너 처리량을 사용하였다. 본 연구에서는 패널자료를 활용한 콥-더글라스 확률생산변경함수를 이용하였으며, 설정한 생산함수의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$Y = f(B, G, C, T)$$

여기서 Y는 컨테이너 처리량, B는 안벽 길이, G는 TGS 수, C는 G/C 수, T는 T/C 수를 의미한다.

이러한 분석을 통해 도출된 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 컨테이너터미널은 개장 시 안벽, 야드, 하역장비 등의 생산요소들이 투입된 이후 투입량에 변화가 없는 반면, 컨테이너 처리량이 지속적으로 증가하면서 효율성의 증가를 가져온다. 둘째, 컨테이너터미널의 효율성은 터미널 규모와 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 셋째, 통합 터미널의 효율성은 개별 터미널 효율성의 평균보다 높게 나타났다. 넷째, 글로벌 컨테이너터미널의 효율성 대비 국내 터미널의 효율성이 상대적으로 높게 나타난 반면, 안벽 길이당 물동량 처리수준은 낮게 나타나 향후 선석 및 장비 대수의 보강이 필요하다.

4) 황진수·전홍석·강성찬(2009)

황진수·전홍석·강성찬(2009)의 연구 목적은 베이지안(Bayesian) 확률변경분석 모형을 활용하여 항만의 소유 구조별 효율성에 대해 모형별로 비교·분석하는 것이다. 추가적으로 일반적인 확률변경분석 모형을 사용한 분석 결과와 비교를 통해 새로운 분석법의 효용성을 검토하였다. 분석을 위해 총 25개의 항만을 대상으로 컨테이너 처리

량을 산출량으로 선정하고, 투입변수로는 부두길이, 면적, 컨테이너 크레인 대수를 사용하였다. 또한 항만별 물동량 백만 TEU 초과 처리 여부에 관한 명목변수와 민간 자본 참여도에 대한 점수도 포함하였다. 콥-더글라스 생산함수를 기반으로 한 본 연구의 모형은 다음과 같다.

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, Z_1, Z_2)$$

여기서 Y는 컨테이너 처리량, X_1 은 부두 길이이고, X_2 는 항만 면적, X_3 는 컨테이너 크레인 대수, Z_1 은 컨테이너 처리량이 백만 TEU를 초과하는지 여부에 대한 명목변수, Z_2 는 민간 참여도에 대한 점수를 의미한다.

분석을 통해 도출된 연구 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 베이지안 분석법과 일반 확률변경분석법의 모수 추정치에는 차이가 존재하나, 비효율성을 상수로 취급한 모형에서는 추정치에 차이가 없다. 이는 일반적으로 널리 사용되는 확률변경분석법을 통해 산출한 비효율성에 대해 재검토가 필요함을 뜻한다. 둘째, 소유 구조별 효율성을 분석한 결과 항만의 소유 구조에 따른 항만별 효율성에는 통계적으로 유의미한 차이가 없음을 보였다.

5) Cullinane·Song·Gray(2006)

Cullinane·Song·Gray(2006)은 컨테이너항만 산업의 효율성을 측정하는 데 있어서 자료포락분석법과 확률변경분석법을 각각 사용하여 결과를 비교 분석하였다. 2001년 기준 세계 30대 주요 항만의 총 57개 컨테이너터미널을 대상으로 물동량 및 생산요소 자료를 구축하고 생산 효율성을 측정하였다. 분석에 사용한 생산함수 모형은 다음과 같다.

$$Y = f(TL, TA, QG, YG, SC)$$

여기서 Y 는 컨테이너 처리량, TL 은 터미널 안벽 길이, TA 는 터미널 야드면적, QG 는 부두 갠트리크레인 수, YG 는 야드 갠트리크레인 수, SC 는 스트래들 캐리어 수를 나타낸다.

분석을 통해 도출한 연구 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 자료포락분석법과 확률변경분석법을 통해 각각 산출된 효율성 추정치 사이에 높은 상관관계가 존재한다. 이는 효율성 추정치가 각기 다른 방법론에 따른 변동이 크지 않음을 뜻한다. 둘째, 터미널별 효율성을 비교 분석한 결과 항만의 규모가 클수록, 민간 참여 정도가 높을수록, 그리고 환적물량이 증가할수록 높은 효율성을 보였다. 셋째, 단년도 자료에 기반한 횡단면(cross-sectional) 분석은 산업의 기술적, 구조적 변화를 반영하지 못한다. 따라서 항만 운영자 또는 정책 입안자는 패널 자료에 기반한 동태분석을 통해 전체 산업과 개별 기업의 효율성을 측정하고 이를 의사결정에 반영하여야 한다.

6) 나호수(2009)

나호수(2009)는 국내 항만의 효율성 측정을 목적으로 항만을 중규모와 대규모 항만으로 구분하여 각각 생산함수를 이용한 자료포락 분석법과 확률변경분석법으로 상대적 효율성을 측정하고 결과를 비교 분석하였다. 연구모형으로 설정한 콥-더글라스 모형 기반의 생산함수는 다음과 같다.

$$Y = f(BL, CY, CH, SH)$$

여기서 Y 는 총 물동량, BL 은 부두길이, CY 는 야드 면적, CH 는 항만의 화물처리용량, SH 는 항만의 선박처리량을 나타낸다.

분석을 통해 도출한 연구 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 자료포락분석법과 확률변경분석법으로 측정한 효율성 간에 높은 상관관계가 나타났으며, 특히 등위 간의 상관관계가 매우 높다. 또한 자료포락분석법으로 측정된 효율성 수치가 확률변경분석법의 결과보다 높게 나타났다. 둘째, 우리나라 항만은 분석 기간 동안 대체적으로 규모에 대한 수익 감소의 경향을 나타냈다. 특히 중형 항만에 비해 대형 항만에서 더욱 강한 경향을 보이고 있으며, 중형 항만의 경우 분석 기간 동안 점차 규모에 대한 수익 감소 경향이 강해지고 있다. 셋째, 안벽 길이와 야드 면적은 항만의 효율성에 음의 영향 관계를 가지며, 반면 항만의 개방도는 효율성에 양의 상관성을 보인다. 넷째, 규모에 대한 수익 변동 모형은 규모에 대한 보수 불변 모형에 비해 효율성의 측정치가 높게 나타났다. 마지막으로, 항만의 하부구조는 효율성에 음의 효과를 보여주고 있고 양의 집적효과를 보인다.

7) 박호·김동진(2012)

박호·김동진(2012)은 우리나라 4대 컨테이너항만의 효율성과 연도별 추세를 분석하였다. 특히 부산항의 부산신항이 개장한 이후 컨테이너터미널의 효율성 변화 추이를 분석하였으며, 컨테이너터미널의 효율성에 영향을 미치는 것으로 판단되는 결정요인을 발굴하였다. 효율성 분석에는 자료포락분석 모형을 이용하였고, 결정요인분석에는 토빗(Tobit) 회귀모형을 이용하였으며, 컨테이너 처리실적을 산출 변수로, 선석 수, 안벽 길이, 터미널 면적, G/C 수를 투입변수로 사용하였다.

분석을 통해 도출한 연구 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 2006년부터 2010년 기간 동안 평균 효율성이 가장 높게 산출된 컨테

이너터미널은 감만, 신감만, 신선대, 자성대 터미널이며, 광양항 2-1 단계는 가장 낮은 효율성을 나타냈다. 둘째, 부산신항의 컨테이너터미널 효율성이 분석 기간 동안 점차 증가하는 것은 부산항 북항에서 신항으로 물동량 이전이 가속화된 것에 기인한다. 이를 바탕으로 축적된 노하우를 활용하면 향후 신규 항만 개장 시 컨테이너터미널의 효율성을 향상시킬 방안을 마련할 수 있을 것이다. 셋째, 컨테이너터미널 효율성을 항만별로 비교분석한 결과 부산항과 인천항이 타 항만 대비 상대적으로 높은 효율을 나타냈다. 넷째, 효율성 결정요인을 분석한 결과로부터 야드 생산성이 통계적으로 유의미한 요인으로 나타났다. 이는 국내 컨테이너항만 간 경쟁이 심화되면서 항만별로 적정 물동량 확보와 선사 기항 증대를 위한 노력이 필요함을 의미한다.

최종적으로 박호·김동진(2012)은 항만을 구성하는 주체 중 하나인 컨테이너터미널의 효율성과 결정요인 분석 결과를 바탕으로 선사 기항 증대를 위한 마케팅, 인센티브제도 등 효율성 향상을 위한 정책 및 전략의 필요성을 강조하였다.

2. 타 산업의 비용 효율성을 분석한 연구

1) 강상목(2018)

강상목(2018)은 우리나라의 80개 관광숙박기업을 대상으로 단기와 장기비용함수를 추정하고, 이를 이용하여 단기와 장기 비용 효율성을 측정했다. 특히 비용접근 생산용량 효율(capacity efficiency, CEF)을 이용하여 고정투입물이 발생시키는 추가비용으로 인한 비효율성을 측정하였다. 또한 측정한 비용 효율성을 규모(대기업, 중소기업

업), 설립연도, 형태(호텔업, 그 외 휴양콘도 운영업), 지역 등의 특성으로 구분하여 유의미한 차이가 존재하는지를 살펴보았다. 분석에 사용한 비용함수 모형은 다음과 같다.

$$TC = C(Y, w, z)$$

여기서 TC 는 총비용으로 매출원가와 판매비를 합친 금액이며, Y 는 산출물, w 는 투입요소가격, z 는 고정투입물이다.

분석을 통해 도출한 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 고정투입물로 인한 자본비용 발생은 대기업보다 중소기업 호텔이 상대적으로 높게 나타났지만 편차는 크지 않다. 둘째, 휴양콘도업은 갖추어야 할 자본 설비가 많으며 장기적으로도 투입량을 조절할 수 있는 여지가 적은 반면, 호텔업은 유희시설이 객실, 식당, 연회장 등 부대시설 중심으로 발생하기 때문에 장기적으로 투입량 조정의 여지가 상대적으로 크다.

연구 결과로부터 도출한 시사점은 다음과 같다. 첫째, 대부분의 호텔들이 규모가 작고 영세하여, 규모의 확대를 통한 효율성 향상 방안 마련이 필요하다. 그러나 소유권이 다른 호텔들을 물리적으로 통합하기에는 어려움이 따르므로 영세한 호텔 간의 협업을 통해 경영시스템과 노하우를 공유하는 것이 필요하다. 둘째, 지방 호텔은 노후화, 낮은 서비스 질로 객실이용률이 저조하다. 따라서 이를 개선하기 위해서는 재투자자와 지방자치단체의 지원 등이 필요한 것으로 판단된다.

2) 권혁구·하헌구(2016)

권혁구·하헌구(2016)는 물류산업과 화물자동차운송산업에 대한 효율성 분석 결과를 바탕으로 산업의 정책 대상을 설정하고 추진 방향을 제시하였다. 비용함수 모형을 이용하여 규모의 경제, 수요탄

력성, 교차탄력성을 분석하였고, 확률변경분석 모형을 이용하여 비효율성을 측정하였다. 분석에 사용한 비용함수 모형은 다음과 같다.

$$TC = C(Y, w, t)$$

여기서 TC는 총비용, Y는 산출물, w는 투입요소, t는 속성변수를 의미하며 투입요소에는 자본, 노동, 중간재의 자료를 이용하였다.

분석을 통해 도출된 연구 결과와 시사점은 다음과 같다. 첫째, 물류산업은 규모의 경제가 존재하나 화물자동차운송산업은 존재하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 물류산업은 글로벌 경쟁 심화에 따라 규모의 경제 실현을 통한 경쟁력 제고의 필요성이 제기된다. 둘째, 물류산업은 전반적으로 시간에 따라 비효율성이 증가하는 추세인 반면, 화물자동차운송산업은 반대로 효율성이 향상되고 있다. 이는 대내외 경제 환경에 영향을 크게 받는 물류산업은 효율성 제고보다 산업 전반적인 구조적 안정화가 중요한 반면, 화물자동차운송산업은 내수 중심의 경쟁구조 심화에 따라 효율성 개선 방안 마련이 필요함을 의미한다.

3. 선행 연구와의 차별성 및 본 연구의 의의

국내 컨테이너항만의 효율성에 관한 연구는 2000년대 들어 비교적 활발히 이루어졌다. 하지만 대부분의 연구가 생산요소 투입량에 따른 산출물의 효율성을 측정하고 있으며, 비용에 기반한 효율성 연구는 전무한 상태이다. 또한 주로 분석방법론으로 확률적 오차를 고려하지 않는 자료포락분석법을 사용하였으며, 확률변경분석법을 이용한 효율성 분석 시도는 분석 자료의 제약 등으로 가장 단순한 형태의 콥-더글라스 모형을 주로 사용하였다.

〈표 4-1〉 자료포락분석법(DEA)을 이용한 항만 효율성 선행연구

연구자	연구 방법	모형	변수	
			투입	산출
Roll and Hayuth (1993)	DEA	비모수	• 노동비 • 화물특성	• 자본비 • 총물동량 • 선박 기항 수 • 서비스 수준 • 이용자 만족도
Martinez-Budria et al. (1999)	DEA	비모수	• 노동비 • 감가상각비	• 기타 비용 • 총물동량 • 임대애 따른 수익
송재영 (2003)	DEA /AHP	비모수	• CY면적 • 하역장비 수	• 전산화 • 야드계획 • 컨테이너 처리량 • 선석점유율
J. Tongzon (2001)	DEA	비모수	• 선석 수 • CY면적 • 크레인 수	• 대기시간 • 인원 수 • 예인선 수 • 컨테이너 처리량 • 선박 작업률
강현구·류동근·손보라 (2012)	DEA	비모수	• 인건비 • 임대료	• 관리비용 • 매출액 • 영업이익

자료: 저자 작성

이에 본 연구에서는 비용 측면의 효율성을 측정한다는 점에서 기존의 연구와 가장 큰 차이가 있다. 또한 터미널 운영사의 재무제표를 기반으로 다양한 채널을 통해 자료를 수집·가공하여 모형을 통한 분석 결과가 단순한 모형의 적용 시도에 그치지 않고 실제 컨테이너터미널 운영사의 비용경쟁력을 높일 수 있는 정책 방향을 제시한다는 점에서 연구의 의의가 존재한다고 할 수 있다.

〈표 4-2〉 확률변경분석법(SFA)를 이용한 항만 효율성 선행연구

연구자	연구 방법	모형	변수	
			투입	산출
Notteboom, Coeck, and Van Den Broeck(2000)	Bayesian SFA	콥-더글라스 생산함수	•안벽길이 • G/C의 수	• 터미널 면적 • 컨테이너 처리량
Cullinane, Song, and Gray(2002)	SFA	콥-더글라스 생산함수	•안벽길이 • 터미널 면적	• 하역장비 수 • 컨테이너 처리량
Cullinane et al.(2006)	DEA/ SFA	콥-더글라스 생산함수	•안벽길이 • 터미널 면적 • 부두 갠트리 크레인 수	•야드 갠트리 크레인 수 • 스트래들 캐리어 수 • 컨테이너 처리량
김운수·곽규석 (2005)	SFA	콥-더글라스 생산함수	•안벽길이 • TGS 수	• G/C 수 • T/C 수 • 컨테이너 처리량
황진수·전홍석·강성찬 (2009)	Bayesian SFA	콥-더글라스 생산함수	•안벽길이 • 터미널 면적 • 갠트리 크레인 수	• 100만TEU 초과 유무 • 민간 참여도 점수 • 컨테이너 처리량
나호수 (2009)	DEA/ SFA	콥-더글라스 생산함수	•안벽길이 • 터미널 면적	• 항만의 화물처리용량 • 항만의 선박처리량 • 컨테이너 처리량
박노경 (2010)	DEA/ SFA	콥-더글라스/초월대수 생산함수	•종업원수 •안벽길이	• 터미널 면적 • 갠트리카레인 수 • 컨테이너 처리량

자료: 저자 작성

제2절 비용 효율성 분석

1. 기술적 효율성과 생산성 개관

효율성 분석모형을 기술하기에 앞서 본 연구에서 주로 사용하게 될 용어에 대한 개략적 정의가 필요하다. 본 장에서도 앞서 3장에서와 마찬가지로 기본적으로 Coelli et al.(2005)⁴²⁾의 용어 및 함수 정의와 표기법을 따랐으며, 필요에 따라 타 학술서를 참고하였다. 먼저 기업의 생산성(productivity)은 산출량과 이를 위해 투입한 요소량의 비율로 정의할 수 있다.

$$\text{생산성(productivity)} = \text{생산량(outputs)}/\text{투입요소량(inputs)} \quad (\text{IV-1})$$

다만 투입요소가 여러 개인 경우 생산성 지표의 산출을 위해서는 다양한 투입요소를 하나의 지표로 통합하는 과정이 필요하다. 일반적으로 생산성은 모든 생산요소를 고려한 총요소생산성(total factor productivity)을 의미하며, 노동생산성, 연료생산성, 토지생산성 등 특정 투입요소에 대한 생산성은 부분생산성(partial productivity)으로 표현이 가능하다.

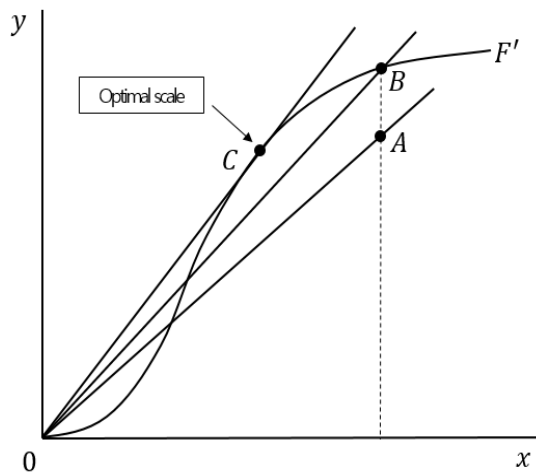
또한 많은 선행 연구에서 혼재되어 사용되는 생산성과 효율성의 명확한 구분이 필요하다. <그림 4-1>은 생산요소(x)의 투입량에 따른 산출량(y)의 변화를 그림으로 표현하고 있다. 여기서 곡선 $0F$ 는 생산변경(production frontier)으로 불리며 각 투입량에 대해 현재의 기술 수준으로 생산 가능한 최대 산출량을 나타낸다. 해당 산업의 개별 기업이 생산변경곡선 위에서 생산 활동을 하는 경우 기업은 기술적

42) Coelli et al.(2005), p.2

으로 효율적(technically efficient)이라고 할 수 있다. 점 A 는 비효율적인 생산 활동을 나타내며 추가 생산요소 투입 없이 기술적 효율성 재고를 통해 산출량을 점 B 수준으로 증가시킬 수 있음을 뜻한다.

또한 원점으로부터 각 점 A, B, C 를 통과하는 직선을 통해 각 기업의 생산성과 규모의 경제를 살펴볼 수 있다. 직선의 기울기 y/x 는 식 (IV-1)의 정의에 따라 각 점에서의 생산성을 나타내며, 기울기가 커짐에 따라 생산성이 향상되는 것을 알 수 있다. 예를 들어 점 A 에서 생산 중인 기업이 기술적으로 효율적인 점 B 로 이동함에 따라 직선의 기울기가 커지고 더 높은 생산성을 보이게 된다. 또한 점 C 로 이동함에 따라 최대 생산성을 만족하며, 이 경우 규모의 경제를 달성하게 된다. 점 C 는 기술적으로 최적의 규모를 달성하는 점이며, 생산변경 곡선 위의 다른 모든 점보다 높은 생산성을 보인다. 종합하면 개별 기업은 기술적으로 효율적인 상태에서 규모의 경제를 달성함으로써 생산성을 더욱 향상시킬 수 있다.

〈그림 4-1〉 생산변경, 기술적 효율성, 규모의 경제

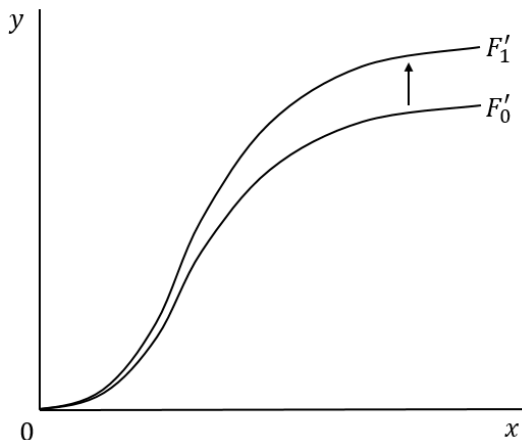


자료: Coelli et al., *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer, 2005, p. 5

〈그림 4-1〉은 특정 시점에서의 생산변경곡선과 생산성의 변화를 나타낸다. 반면 생산성 변화의 또 다른 원인으로 시간을 들 수 있다. 시간에 따른 기술적 변화(technical change)는 생산변경곡선 자체를 위 또는 아래로 이동시킨다. 〈그림 4-2〉는 시점 0에서의 생산변경곡선 $0F_0'$ 이 기술의 발전에 따라 시점 1에서 $0F_1'$ 로 이동함을 보여준다. 이 경우 모든 생산요소 투입 수준에서 시점 1이 시점 0보다 높은 생산성을 보이게 된다. 이처럼 생산성의 향상은 특정 시점에서의 효율성 증가뿐만 아니라 기술적 변화 또는 규모의 경제 달성에 영향을 받는다.

기술적 효율성과 배분적 효율성(allocative efficiency)의 개념도 구분이 필요하다. 배분적 효율성이란 비용최소화 또는 이윤극대화와 같은 의사결정 주체의 행동학적 선택에 따른 효율성을 뜻한다. 즉 최소한의 비용으로 특정 산출량을 생산하기 위한 투입요소의 조합을 선택하는 데 있어서의 효율이다. 일반적으로 총 경제적 효율성(overall economic efficiency)은 이러한 기술적 효율성과 배분적 효율성의 합을 의미한다.

〈그림 4-2〉 시차에 따른 기술적 변화



자료: Coelli et al., *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Springer, 2005, p. 6

효율성 측정방법으로는 비용편익분석(Cost-Benefit Analysis), 비용효과분석(Cost-Effectiveness Analysis), 회귀분석(Regression Analysis), 자료포락분석(Data Envelopment Analysis), 확률변경분석(Stochastic Frontier Analysis) 등이 있다.⁴³⁾ <표 4-3>은 열거된 측정방법들의 장단점을 간략하게 보여주고 있다. 각각의 방법들은 장점과 한계점을 가지고 있으며, 어느 하나의 방법이 다른 방법에 비해 월등하다고 말할 수 없다. 그러므로 연구자의 연구목적, 자료의 확보 가능성 등에 따라 측정방법을 다양하게 선택할 수 있다.

본 연구에서는 제3장에서 추정한 초월대수 비용함수와의 연결성을 고려하여 확률비용변경분석법(Stochastic Cost Frontier Analysis)을 주요 분석방법으로 선택하였다. 따라서 우선적으로 확률비용변경분석의 이론을 고찰한 후 분석 대상인 국내 컨테이너항만 터미널 운영사의 비용 효율성을 분석하고자 하였으며, 이후 자료포락분석을 통한 결과와 비교 검토하였다.

〈표 4-3〉 효율성 측정방법의 장단점

구분	장점	단점
비용편익분석	• 대안들의 선택을 위한 비교 • 단일사업의 투자가치 판단에 유리	• 화폐단위를 사용 • 할인율의 결정 • 예측력의 결핍
비용효과분석	• 물리적 단위의 사용	• 지표선정의 자의성 • 평가의 공정성 결여
회귀분석	• 산출과 투입 양자측면에서 설명 가능	• 평균적 생산관계만을 나타냄 • 개별조직의 비효율 측정불가
자료포락분석	• 가격을 요구하지 않음 • 다산출물을 생산하는 경우 유리	• 시계열 자료를 이용한 추이분석 불가능 • 비효율성의 정도가 과장될 수 있음 • 가치의 차이를 구분하지 못함

43) 오승은(2000), p. 67.

구분	장점	단점
확률변경분석	• 최대생산량을 기준으로 효율성 평가 • 시계열 자료를 이용한 추이분석 가능	• 단년도 자료의 경우 오차항의 분포에 대한 가정이 필요

자료: 오승은, 『지방자치단체 기업적 활동의 효율성 분석: 지방공영개발사업을 중심으로』, 연세대학교 박사학위논문, 2000, p. 67

2. 확률비용변경분석

1) 확률비용변경분석 방법론 고찰

확률변경분석은 Aigner, Lovell, and Schmidt(1977)⁴⁴⁾에서 처음 소개된 이래 산업 또는 개별 기업의 효율성을 측정하는 방법론 중 하나로 많이 사용되어 오고 있다. 초기의 연구는 확률생산변경(stochastic production frontier)에 집중되었으며, 이후 확률비용변경(stochastic cost frontier)을 이용한 연구가 활발히 진행되었다.⁴⁵⁾ 확률비용변경 분석 방법론을 살펴보기 위해 우선 3장에서 소개한 비용함수를 다시 소개하면 다음과 같다.

$$c_i = c(w_{1i}, w_{2i}, \dots, w_{Ni}, q_i; \beta) + \epsilon_i \quad (\text{IV-2})$$

여기서 c_i 는 i 기업의 총비용이며, w_{ni} 는 n 번째 투입요소의 가격, q_i 는 산출량, β 는 추정해야 할 모수, ϵ_i 는 오차항이다. 또한 $c(\cdot)$ 는 비용함수로서 가격에 대해 단조증가, 선형동차, 오목성의 조건을 만족한다고 가정한다. 확률비용변경분석에서는 비용함수의 추정에 있어서 오차항을 식 (IV-3)과 같이 두 가지 오차로 구분하고 각각 다른 분포를 가정하게 된다.

44) Aigner, Lovell, and Schmidt(1977), p. 23.

45) 노승원·김성수(2008), p. 46.

$$\epsilon_i = v_i + u_i \quad (\text{IV-3})$$

여기서 v_i 는 표본의 확률 오차(random error)로서 양방향(two-sided) 대칭분포인 정규분포($N(0, \sigma_v^2)$)를 가정하고, u_i 는 기업의 비용 비효율성을 나타내는 $u_i \geq 0$ 인 일방향(one-sided) 분포를 가정한다. Aigner, Lovell, and Schmidt(1977)에서는 u_i 의 분포로 반정규분포(half-normal distribution)와 지수분포(exponential distribution)를 제안하였으며, 이후 Stevenson(1980)은 절단정규분포(truncated normal distribution), Greene(1980)은 감마분포(gamma distribution)를 사용하였다.

식 (IV-3)을 식 (IV-2) 대입하여 비용함수를 다시 나타내면 식 (IV-4)와 같다.

$$\begin{aligned} c_i &= c(w_{1i}, w_{2i}, \dots, w_{Ni}, q_i; \beta) + v_i + u_i \\ &= c_i^* + v_i + u_i \end{aligned} \quad (\text{IV-4})$$

여기서 u_i 가 비음인 경우 $c_i - (c_i^* + v_i) = u_i \geq 0$ 이 성립하여 $c_i^* + v_i$ 는 항상 기업의 총비용 관측치 c_i 보다 작은 최소비용변경(minimum cost frontier)으로 정의되며, 기업의 비용 비효율성 u_i 가 0인 경우 기업은 최소비용변경에 위치하여 비용 효율적인 상태임을 알 수 있다. 한편 일반적으로 식 (IV-4)에서 정의된 확률변수 v_i 와 u_i 는 다음의 성질을 가진다.⁴⁶⁾

46) Coelli et al.(2005), p. 245.

$$E(v_i) = 0, \quad (\text{zero mean}) \quad (\text{IV-5})$$

$$E(v_i^2) = \sigma_v^2, \quad (\text{homoskedastic}) \quad (\text{IV-6})$$

$$E(v_i v_j) = 0 \text{ for all } i \neq j, \quad (\text{uncorrelated}) \quad (\text{IV-7})$$

$$E(u_i^2) = \text{constant}, \quad (\text{homoskedastic}) \quad (\text{IV-8})$$

$$E(u_i u_j) = 0 \text{ for all } i \neq j. \quad (\text{uncorrelated}) \quad (\text{IV-9})$$

비용 비효율성을 나타내는 확률변수 u_i 를 추정하는 방법은 다음과 같다. 먼저 식 (IV-2)에서 3장에서와 같이 비용함수를 추정하면 오차항 ϵ_i 의 추정치인 잔차 $\hat{\epsilon}_i = c_i - c(w_{1i}, w_{2i}, \dots, w_{N_i}, q_i; \hat{\beta})$ 를 구할 수 있다. 오차항 ϵ_i 는 v_i 와 u_i 의 합으로 표현되므로 u_i 의 추정치 $\hat{u}_i$ 를 구하기 위해서는 ϵ_i 와 v_i 의 정보를 이용하여야 한다. Jondrow et al.(1982)⁴⁷⁾는 확률생산변경함수에서 생산 비효율성을 나타내는 u_i 의 분포를 반정규분포와 지수분포로 가정하고 오차항 ϵ_i 에 대한 u_i 의 조건부확률 분포의 기댓값 또는 최빈값을 이용하여 u_i 의 추정치 $\hat{u}_i$ 를 구하는 과정을 설명하고 있다. 본 연구에서는 u_i 의 분포로 선행연구에서 가장 선호되는 반정규분포를 가정하고 Jondrow et al.(1982)의 방법을 따라 비용 비효율성 $\hat{u}_i$ 를 추정하고자 한다. 먼저 v_i 와 u_i 가 각각 정규분포 $N(0, \sigma_v^2)$ 와 반정규분포 $N^+(0, \sigma_u^2)$ 를 따르며 v_i 와 u_i 는 서로 독립이라고 가정하면 v_i 와 u_i 의 결합확률밀도함수는 다음과 같다. 아래에서는 수식의 간편화를 위해 각 개별 관측치를 뜻하는 아래첨자 i 는 제외하고 표현하도록 한다.

$$\begin{aligned} f(v, u) &= f(u)f(v) \\ &= \frac{1}{\pi\sigma_v\sigma_u} \exp\left[\frac{-1}{2\sigma_u^2}u^2 - \frac{1}{2\sigma_v^2}v^2\right] \end{aligned} \quad (\text{IV-10})$$

47) Jondrow et al.(1982), pp. 234-236.

식 (IV-10)에서 $v = \epsilon - u$ 로 치환하면 u 와 ϵ 의 결합확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(u, \epsilon) = \frac{1}{\pi \sigma_u \sigma_v} \exp \left[\frac{-1}{2\sigma_u^2} u^2 - \frac{1}{2\sigma_v^2} (u^2 + \epsilon^2 - 2u\epsilon) \right] \quad (\text{IV-11})$$

한편 ϵ 의 확률밀도함수는 다음과 같다.⁴⁸⁾

$$f(\epsilon) = \frac{2}{\sqrt{2\pi} \sigma} (1 - F) \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \epsilon^2 \right] \quad (\text{IV-12})$$

여기서 $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ 이며, F 는 $\epsilon\lambda/\sigma$ 에서 평가된 표준 정규분포의 확률누적분포함수이다. 식 (IV-11)과 (IV-12)를 이용하여 ϵ 에 대한 u 의 조건부확률밀도함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} f(u|\epsilon) &= \frac{f(u, \epsilon)}{f(\epsilon)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_u \sigma_v} \frac{1}{(1 - F)} \exp \left[\frac{-1}{2\sigma_u^2} u^2 - \frac{1}{2\sigma_v^2} (u^2 + \epsilon^2 - 2u\epsilon) + \frac{1}{2\sigma^2} \epsilon^2 \right] \end{aligned} \quad (\text{IV-13})$$

식 (IV-13)에서 $\sigma_*^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2$ 로 놓으면 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$f(u|\epsilon) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_*} \frac{1}{(1 - F)} \exp \left[\frac{-1}{2\sigma_*^2} \left(u - \frac{\sigma_u^2 \epsilon}{\sigma^2} \right)^2 \right] \quad (\text{IV-14})$$

따라서 식 (IV-14)는 $\mu_* = \sigma_u^2 \epsilon / \sigma^2$ 와 $\sigma_*^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2$ 인 반정규분포 $N^+(\mu_*, \sigma_*^2)$ 로 정의할 수 있으며, u 의 점추정치인 ϵ 에 대한 u 의 조건부확률분포의 기댓값은 다음과 같이 표현할 수 있다.

48) Aigner, Lovell, and Schmidt(1977), pp. 24.

$$\begin{aligned}
 E(u|\epsilon) &= \mu_* + \sigma_* \frac{f(-\mu_*/\sigma_*)}{1 - F(-\mu_*/\sigma_*)} \\
 &= \sigma_* \left[\frac{f(-\epsilon\lambda/\sigma)}{1 - F(-\epsilon\lambda/\sigma)} + \left(\frac{\epsilon\lambda}{\sigma} \right) \right]
 \end{aligned}
 \tag{IV-15}$$

여기서 $-\mu_*/\sigma_* = -\epsilon\lambda/\sigma$, $\lambda = \sigma_u/\sigma_v$ 이며, f 와 F 는 각각 표준정규 분포의 확률밀도함수와 확률누적분포함수이다. 또한 또 다른 u 의 점 추정치로 사용가능한 ϵ 에 대한 u 의 조건부확률분포의 최빈값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 M(u|\epsilon) &= \epsilon(\sigma_u^2/\sigma^2) & \text{if } \epsilon \geq 0 \\
 &= 0 & \text{if } \epsilon < 0
 \end{aligned}
 \tag{IV-16}$$

2) 확률비용변경함수 추정 방법

일반적으로 확률비용변경함수모형을 추정하는 방법에는 수정최소자승법(corrected ordinary least squares : COLS)과 최우추정법(maximum likelihood estimation : MLE)이 있으며, 수정최소자승법은 관측치가 적은 경우에도 효율적인 추정치를 제공하고 최우추정법보다 추정이 간편하다는 장점이 있다.⁴⁹⁾ 이에 본 연구에서 수정최소자승법을 사용하여 확률비용변경함수를 추정하였다. 수정최소자승법은 1차적으로 앞서 3장에서 소개한 통상적인 비용함수 추정 방법으로 모수를 추정하고, 2차적으로 비용함수에서 도출된 잔차들의 적률(moments)을 이용하여 비용 비효율성을 나타내는 모수 u_i 를 추정하는 방법이다. Kumbhakar and Lovell(2003)⁵⁰⁾은 v_i 와 u_i 가 각각 표준정

49) 노승원·김성수(2008), p. 51.

50) Kumbhakar and Lovell(2003), pp. 91-92.

구분포와 반정규분포를 따를 경우 u_i 의 평균, 분산, 3차 적률과 이를 이용한 $\epsilon_i = v_i + u_i$ 의 2차, 3차 적률은 다음과 같음을 보였다.

$$\begin{aligned} E(u_i) &= \sqrt{2/\pi} \sigma_u, \\ V(u_i) &= [(\pi - 2)/\pi] \sigma_u^2, \\ E(u_i^3) &= -\sqrt{2/\pi} (1 - 4/\pi) \sigma_u^3 \end{aligned} \quad (\text{IV-17})$$

$$\begin{aligned} E(\epsilon_i^2) &= \sigma_v^2 + [(\pi - 2)/\pi] \sigma_u^2, \\ E(\epsilon_i^3) &= \sqrt{2/\pi} (1 - 4/\pi) \sigma_u^3 \end{aligned} \quad (\text{IV-18})$$

식 (IV-18)을 비용함수로부터 도출된 잔차 $\hat{\epsilon}_i$ 의 2차, 3차 적률인 m_2 와 m_3 ($m_r = 1/n \sum_i^n \epsilon_i^r$)를 이용하여 추정하면 다음과 같이 σ_u^2 와 σ_v^2 의 추정치 $\hat{\sigma}_u^2$ 와 $\hat{\sigma}_v^2$ 을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_u^2 &= \left(\sqrt{\frac{\pi}{2}} \left(\frac{\pi}{4 - \pi} \right) m_3 \right)^{2/3}, \\ \hat{\sigma}_v^2 &= m_2 - \left(1 - \frac{2}{\pi} \right) \hat{\sigma}_u^2 \end{aligned} \quad (\text{IV-19})$$

3장에서 분석모형으로 선정한 초월대수 비용함수 모형을 적용하면 오차항 $\epsilon_i = v_i + u_i$ 를 포함한 개별기업의 비용함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln c_i &= \beta_0 + \beta_q \ln q_i + \frac{1}{2} \beta_{qq} (\ln q_i)^2 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln w_{ni} \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln w_{ni} \ln w_{mi} + \sum_{n=1}^N \beta_{qn} \ln q_i \ln w_{ni} + v_i + u_i \end{aligned} \quad (\text{IV-20})$$

식 (IV-20)에서 개별기업의 $\hat{u}_i$ 은 식 (IV-19)를 이용하여 추정한 $\hat{\sigma}_u^2$ 와 $\hat{\sigma}_v^2$ 를 식 (IV-15)와 (IV-16)에 대입하여 ϵ 에 대한 u 의 조건부확률분포의 기댓값 또는 최빈값으로 산출할 수 있다. 최종적으로 각 기업의 비용 효율성(cost efficiency : CE_i)은 다음의 식 (IV-21) 또는 식 (IV-22)와 같이 산출할 수 있다.

$$CE_i = \exp(\hat{E}(u_i|\epsilon_i)) \quad (\text{IV-21})$$

$$CE_i = \exp(\hat{M}(u_i|\epsilon_i)) \quad (\text{IV-22})$$

CE_i 는 1부터 무한대까지의 값을 가지며, 1일 때 해당 기업은 완전 비용 효율적이다. 따라서 비용 비효율성은 $CE_i - 1$ 로 구할 수 있다.⁵¹⁾

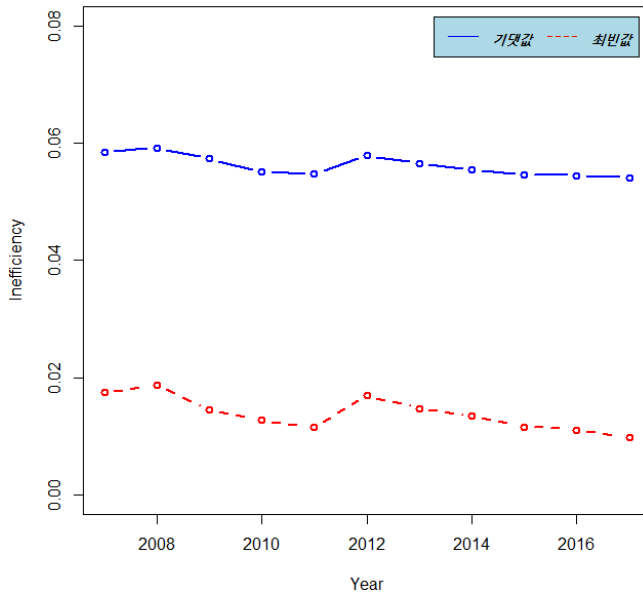
3) 확률비용변경함수 분석 결과

분석 대상 13개 운영사의 총 116개 관측치를 사용하여 확률비용 변경분석법으로 개별 관측치별 비용 비효율성을 산출하였다. 식 (IV-21)의 기댓값을 이용하였을 경우 비용 비효율성의 전체 평균은 0.0559, 표준편차는 0.0103, 최솟값은 0.0325, 최댓값은 0.0927로 산출되었다. 반면 식 (IV-22)의 최빈값을 이용하였을 경우에는 비용 비효율성의 전체 평균은 0.0135, 표준편차는 0.0156, 최솟값은 0, 최댓값은 0.0764로 나타났다. 전체적으로 비용 비효율성이 매우 낮으며 관측치 간 편차도 크지 않은 것으로 나타나 국내 컨테이너터미널 운영사들의 비용 효율성은 선도업체 대비 차이가 크지 않은 것으로 분석되었다.

51) 노승원·김성수(2008), p. 51.

한편 개별 비용 비효율성 추정치를 연도별·운영사별로 구분하여 평균비용 비효율성을 산출한 결과는 다음의 <그림 4-3>과 <표 4-4>와 같다. 먼저 <그림 4-3>을 통해 연도별 비용 비효율성을 살펴보면 값에 큰 변화가 없는 가운데 2012년 이후 점차 감소하는 추세를 보이고 있다. 이는 국내 컨테이너터미널 운영사들의 비용 비효율성이 선도업체 대비 점차 감소되어 효율성이 개선되고 있음을 보여준다.

<그림 4-3> 연도별 평균비용 비효율성 변화 추이(SFA)



자료: 저자 작성

운영사별 평균비용 비효율성을 살펴보면 운영사 I가 가장 비용 효율적이며 이어서 운영사 F와 M이 뒤따르고 있음을 볼 수 있다.

〈표 4-4〉 연도별·운영사별 평균비용 비효율성(SFA)

연도	(IV-21)	(IV-22)	운영사	(IV-21)	(IV-22)
2007	0.0584	0.0175	A	0.0608	0.0192
2008	0.0592	0.0188	B	0.0600	0.0179
2009	0.0573	0.0145	C	0.0541	0.0043
2010	0.0551	0.0127	D	0.0562	0.0094
2011	0.0547	0.0116	E	0.0598	0.0178
2012	0.0579	0.0169	F	0.0452	0.0000
2013	0.0565	0.0148	G	0.0571	0.0114
2014	0.0554	0.0135	H	0.0567	0.0105
2015	0.0546	0.0117	I	0.0375	0.0000
2016	0.0545	0.0111	J	0.0642	0.0265
2017	0.0541	0.0098	K	0.0626	0.0235
			L	0.0782	0.0530
			M	0.0461	0.0000

자료: 저자 작성

3. 자료포락분석

1) 자료포락분석 방법론 고찰

자료포락분석(DEA)은 선형계획법(linear programming)을 기반으로 의사결정단위 사이의 상대적인 효율성을 비교하는 비모수적 추정 기법이다. Charnes, Cooper and Rhodes(1978)⁵²⁾에서 처음으로 DEA라는 명칭을 사용한 이래 40여 년간 수많은 연구에서 사용되고 있을

52) Charnes, Cooper and Rhodes(1978), p. 432

정도로 유용성을 인정받고 있다. 규모에 대한 보수 불변(Constant Returns to Scale: CRS)을 가정한 DEA의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \\ \text{st} \quad & -q_i + Q\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{IV-23}$$

여기서 x_i 와 q_i ($i = 1, \dots, I$)는 개별기업의 생산요소 투입량과 산출량이며, X 와 Q 는 모든 기업들의 생산요소 투입량과 산출량을 나타내는 행렬이다. 또한 θ 는 각 개별기업의 효율성을 나타내는 지표인 모수이며, λ 는 $I \times 1$ 상수 벡터이다. θ 는 1보다 작거나 같으며, 1인 경우 해당 기업은 기술적 효율성이 가장 높은 것을 의미한다.

모든 기업이 최적의 규모에서 생산하는 경우 규모에 대한 보수 불변 가정은 적합하다. 하지만 불완전 경쟁, 정부 규제, 금융 제약 등 여러 요인에 의해 기업이 최적의 규모에서 생산하는 것이 불가능하다. 이에 Afriat(1972)⁵³⁾는 규모에 대한 보수 불변 가정을 완화한 규모에 대한 보수 가변(Variable Returns to Scale: VRS) DEA 방법을 제안하였다. VRS DEA 방법의 일반적 형태는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \\ \text{st} \quad & -q_i + Q\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & I1'\lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{IV-24}$$

CRS DEA와 VRS DEA를 각각 추정하고 CRS DEA로부터 얻어진 기술적 효율성(Technical Efficiency: TE)을 규모에 따른 비효율성과

53) Afriat(1972), p. 568

순수 기술적 비효율성으로 분해함으로써 개별 기업의 규모 효율성 (Scale Efficiency)을 측정할 수 있다.

$$TE_{CRS} = TE_{VRS} \times SE \quad (IV-25)$$

다만 식 (IV-25)에 의해 측정된 기술적 효율성은 규모의 대한 보수 감소와 증가를 구분하지 못한다. 이에 식 (IV-24)의 $I1'\lambda = 1$ 조건을 $I1'\lambda \leq 1$ 조건으로 변경함으로써 규모에 대한 단조 감소 (Non-Increasing Returns to Scale: NIRS) DEA를 측정할 수 있다. NIRS TE 점수와 VRS TE 점수를 상호 비교하여 일치하지 않는다면 해당 기업은 규모에 대한 보수 증가가 존재한다고 결론지을 수 있다.

식 (IV-24)의 일반적인 DEA 형태로부터 비용극소화를 추구하는 기업의 효율성을 측정하는 DEA 형태를 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} \min_{\lambda, x_i^*} & w_i' x_i^*, \\ \text{st} & -q_i + Q\lambda \geq 0, \\ & x_i^* - X\lambda \geq 0, \\ & I1'\lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (IV-26)$$

여기서 w_i 는 i 기업의 $N \times 1$ 투입요소 가격 벡터이고 x_i^* 는 i 기업의 비용극소화 투입량의 벡터이다. 식 (IV-26)으로부터 i 기업의 총비용 효율성(total cost efficiency: CE)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$CE_i = w_i' x_i^* / w_i' x_i \quad (IV-27)$$

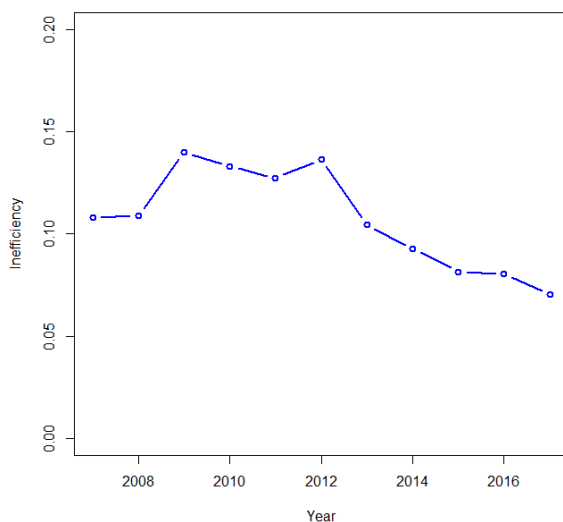
식 (IV-27)의 개별 기업의 비용 효율성 지표 CE_i 는 0과 1 사이의 값을 가지며, 1은 최대 효율성을 나타낸다. 따라서 비용 비효율성은 $1 - CE_i$ 로 구할 수 있다.

2) 자료포락분석 결과

자료포락분석을 이용하여 관측치별 비용 비효율성을 분석한 결과는 다음과 같다. 비용 비효율성의 전체 평균은 0.1057, 표준편차는 0.0891, 최솟값은 0, 최댓값은 0.3689로 산출되었다. 확률비용변경 분석의 결과와 마찬가지로 자료포락분석 결과 역시 전체적으로 비용 비효율성이 매우 낮으며 관측치간 편차도 크지 않은 것으로 나타나 국내 컨테이너터미널 운영사들의 비용 효율성은 선도업체 대비 차이가 크지 않은 것으로 분석되었다. 개별 비용 비효율성 추정치를 연도별·운영사별로 구분하여 평균비용 비효율성을 산출한 결과는 다음의 <그림 4-4>와 <표 4-5>와 같다.

<그림 4-4>를 통해 연도별 비용 비효율성의 추이를 살펴보면 <그림 4-3>의 확률비용변경법을 이용한 비용 비효율성과 마찬가지로 값에 큰 변화가 없는 가운데 2012년 이후 점차 감소하는 추세를 보이고 있다.

<그림 4-4> 연도별 평균비용 비효율성 변화 추이(DEA)



자료: 저자 작성

또한 자료포락분석법을 이용한 운영사별 평균비용 비효율성에서는 운영사 I가 가장 비용 효율적이며 이어서 운영사 J와 F가 뒤따르고 있음을 볼 수 있다.

〈표 4-5〉 연도별·운영사별 평균비용 비효율성(DEA)

연도	(IV-22)	운영사	(IV-22)
2007	0.1080	A	0.1712
2008	0.1089	B	0.1442
2009	0.1398	C	0.0643
2010	0.1331	D	0.1234
2011	0.1272	E	0.0471
2012	0.1363	F	0.0326
2013	0.1045	G	0.1909
2014	0.0927	H	0.1375
2015	0.0815	I	0.0000
2016	0.0805	J	0.0322
2017	0.0703	K	0.0969
		L	0.2503
		M	0.0892

자료: 저자 작성

추가적으로 확률비용변경분석법과 자료포락분석법에 의해 산출된 비용 비효율성 간 단순 상관관계를 분석한 결과 Pearson 상관계수가 0.6244로 나타나 두 분석법에 의한 결과가 상당 부분 일치하는 것으로 분석되었다.

제3절 비용 비효율성 결정요인 분석

1. 비용 비효율성 결정요인 분석 모형

식 (IV-21)을 이용하여 산출된 관측치별 비용 비효율성($CE_i - 1$)에 영향을 미치는 것으로 판단되는 요인을 발굴하고 그 영향력을 분석하였다. 비용 비효율성을 $y_i = CE_i - 1$ 로 정의할 경우 y_i 는 다음과 같은 특성을 갖는다.

$$y_i = \begin{cases} y_i^* & \text{if } y_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (\text{IV-28})$$

여기서 y_i^* 는 잠재변수로서 관측이 불가능한 y_i 의 싯댓값을 뜻한다. 즉 비용 비효율성 y_i 는 실제 음(-)의 값을 가질 수 있지만 완전 효율적일 경우 0의 값으로 관측됨을 의미한다. 이와 같은 특성을 가지는 자료는 중단자료(censored data)라 불리며, 일반적인 회귀모형으로 분석할 경우 모수에 대해 불일치(inconsistent) 추정치를 갖게 된다.⁵⁴⁾ 따라서 본 연구에서는 중단자료의 회귀분석에 일반적으로 사용되는 토빗(Tobit) 모형을 이용하여 비용 비효율성 결정요인 분석을 실시하였다.

〈표 4-6〉은 잠재적으로 컨테이너터미널 운영사의 비용 비효율성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 요인들의 후보군을 선정한 결과이다. 컨테이너 처리량, 투입요소가격, 투입요소비용 비중 등 비용함수 추정에 직접적으로 영향을 주는 변수들과 더불어 터미널 총면적, 안벽 길이, 표준장비 대수, C/C 보유 대수 등 개별 운영사의 규모 및 설비

54) 박호·김동진(2012), p. 84.

현황을 나타내는 변수들과 운영 형태, 위치 등 개별 운영사의 특성을 반영하는 변수들을 포함하였으며, 설문조사 조사표, 항만하역요람, 운영사 공시 재무제표 등 입수 가능한 자료를 최대한 활용하였다. 잠재 후보군 변수들 중 최종적으로 분석모형에 사용한 변수를 선정하는 방법으로 모형 간 우도비 검정(likelihood ratio test)과 결정계수(R^2) 등 통계학적 모형 선택방법과 일반적으로 비용 비효율성에 영향이 클 것으로 판단되는 변수를 비교 검토하였다. 또한 회귀분석에서 다중공선성(multicollinearity) 문제를 피하기 위해 변수들 간 상관관계가 높을 경우 설명력이 낮은 변수는 최종모형에서 제외시켰다.

〈표 4-6〉 비용 비효율성 결정요인 잠재 후보군

■ 컨테이너 처리량(TEU)	■ 시간(2007년~2017년)
■ 터미널 총면적(m^2)	■ 투입요소가격(인건비 가격, 자본비 가격, 운영비 가격)
■ 안벽길이(m)	■ 투입요소비용비중(인건비 비중, 자본비 비중, 운영비 비중)
■ 터미널 안벽 길이당 면적	■ 제급여(직접고용비)의 비중 ⁵⁶⁾
■ 운영형태(민자터미널:1, 임대터미널:0)	■ 위치(부산:1, 그 외:0)
■ 표준장비대수 ⁵⁵⁾	
■ C/C 보유대수	

최종적으로 선정된 분석모형은 다음의 식 (IV-29)와 같다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + \epsilon_i \quad (\text{IV-29})$$

55) 표준장비대수는 부산항만공사의 「부산항 컨테이너부두 임대료 산정체계 개편 연구용역」, 2012, p. 149의 C/C 1대당 보조 장비 대수 산정 기준과 운영사별 실제 보유 장비 대수를 활용하여 다음과 같이 산정함

* 표준장비대수 = (C/C대수) + (T/C대수)/2.5 + (Y/T대수)/5.0 + (R/S대수)/0.5 + (Y/C대수)/15.0 + (F/L대수)/1.0

56) 본 연구에서 인건비는 제급여와 외부용역비의 합으로 산정되어 있으며, 따라서 제급여의 비중은 제급여/(제급여+외부용역비)로 산정됨

여기서 종속변수인 y_i 는 비용 비효율성이며, 결정요인으로 선정된 6개의 독립변수는 다음과 같다.

x_1 = 컨테이너 처리량(TEU) x_2 = 안벽길이(m)
 x_3 = 운영형태(민자터미널:1, 임대터미널:0) x_4 = 제급여(직접고용비)의 비중
 x_5 = 표준장비대수 x_6 = 총비용 중 인건비 비중

2. 비용 비효율성 결정요인 분석 결과

식 (IV-29)의 최종모형으로 토빗(Tobit) 회귀분석을 실시한 결과는 다음의 <표 4-7>과 같다. 개별 계수의 유의성 추정 결과 대부분 p-value가 매우 낮게 나와 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 또한 결정계수(R^2)는 0.6417로 나타나 최종 선정된 분석 모형이 비용 비효율성 추정치의 변동(variation)을 비교적 잘 설명하고 있는 것으로 판단된다.

<표 4-7> 비용 비효율성 결정요인 분석 결과

모수	추정치	표준오차	z-통계량	p-value
β_0	0.0646	0.0031	20.824	<.0001 ***
β_1	-5.3414E-09	1.2158E-09	-4.393	<.0001 ***
β_2	1.6165E-05	2.6662E-06	6.063	<.0001 ***
β_3	0.0022	0.0026	0.852	0.3944
β_4	-0.0062	0.0024	-2.554	.0106 **
β_5	2.9231E-05	4.6907E-05	0.623	0.5332
β_6	-0.0431	0.0057	-7.586	<.0001 ***
결정계수(R^2)			0.6417084	

주: p-value의 ***는 1%, **는 5%, *는 10%에서 통계적으로 유의함을 각각 나타냄.

자료: 저자 작성

결정요인 변수별 분석 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 컨테이너 처리량(x_1)의 계수는 음(-)의 값을 가지며 1% 유의수준에서 유의하게 나타났다. 이는 다른 변수의 투입량이 고정되어 있다고 가정할 경우 개별 운영사가 컨테이너 처리량을 증가시킬수록 비용 비효율성이 감소한다고 볼 수 있으므로 일반적인 상식에 부합한 결과가 도출되었다.

둘째, 안벽 길이(x_2)의 계수는 양(+)의 값을 가지며 1% 유의수준에서 유의하게 나타났다. 이는 다른 변수의 투입량이 고정되어 있다고 가정할 경우 개별 운영사가 안벽 길이를 늘일수록 비용 비효율성이 증가한다고 볼 수 있다. 일반적으로 안벽 길이는 터미널 운영사의 규모를 결정하는 척도로 사용되며, 규모의 경제가 존재하는 산업에서 규모가 클수록 효율성이 높을 것으로 판단된다. 그러나 실제 안벽 길이의 증가는 비용적인 측면에서 임대료의 상승, 안벽 길이 증가에 따른 하역장비 비용 증가 등 주로 자본비의 증가를 가져온다. 따라서 본 분석 결과에 따르면 우리나라 컨테이너터미널 운영사는 안벽 길이에 따른 비용의 증가 대비 산출량을 비용 효율적으로 늘리지 못하고 있는 것으로 판단된다.

셋째, 운영사의 터미널 운영 형태를 타나내는 터미변수(x_3)의 계수는 0.0022로 추정되었으나 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 임대터미널과 민자터미널 간 운영형태에 따른 비용 비효율성의 차이는 없는 것을 나타낸다.

넷째, 인건비 중 직접고용비 비중(x_4)의 계수는 -0.0062로 추정되었으며, 5% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다. 계수의 부호가 음(-)을 나타내므로 외주용역비 대비 직접고용비의 비중이 늘수록 비용 비효율성이 감소한다고 해석할 수 있다. 컨테이너터미널 운영사의 경우 외주를 통해 고용하는 인력의 대부분은 단기 현장투입

인력이다. 분석 결과에 따르면 운영사가 현장투입인력을 직접 고용함으로써 기술직 노동자에게 상대적으로 높은 임금과 고용안정을 제공하는 대신 전문적인 기술과 높은 생산성을 가진 인력을 고정적으로 투입함으로써 비용 비효율성을 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

다섯째, 표준장비 대수(x_5)의 계수는 양(+)으로 추정되나 0에 가깝고 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 이는 장비 대수의 확충이 비용 효율성의 개선으로 연결되지는 않는다는 것을 의미한다. 다만 무인자동화 컨테이너터미널이 전 세계 컨테이너 처리능력에서 차지하는 비중이 점차 증가하고 있는 가운데 하역장비의 양(量)이 아닌 질(質)을 측정하는 지표 개발을 통해 고급장비의 도입이 비용 효율성을 개선할 수 있는지에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

마지막으로 총비용 중 인건비 비중(x_6)의 계수는 -0.0431로 추정되었으며, 1% 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 이는 인건비의 비중이 높은 운영사가 낮은 비용 비효율성을 보인 것으로 해석할 수 있으며, 분석에 사용한 비용함수의 모형으로부터 일정 부분 설명이 가능한 것으로 판단된다. 비용함수 모형에서 총비용은 인건비, 자본비, 운영비로 구성되어 있으며, 인건비는 직접고용비와 외부용역비의 합으로 이뤄져 있다. 일반적으로 운영사의 직접고용비는 고정비용(fixed cost)에 가까우며 외부용역비는 산출량에 따라 유동적이다. 따라서 높은 인건비 비중은 상대적으로 산출량이 많음을 의미하고 이로 인해 산출량당 인건비, 즉 인건비의 단위가격이 하락한다고 볼 수 있다. 결론적으로 인건비의 비중을 늘린 것이 비용 비효율성의 감소를 가져왔다고 보기는 무리가 있지만 운영사의 비용 구조에서 인건비가 차지하는 비중을 해당 운영사의 비용 효율성을 나타내는 지표 중 하나로 간주하는 것은 가능하다고 해석할 수 있다.

제4절 분석 결과 종합

본 연구에서는 국내 컨테이너항만 터미널 운영사의 비용 효율성 분석을 실시하였다. 분석방법으로는 앞서 3장에서 추정한 비용함수로부터 도출된 잔차를 이용하여 비용 효율성을 측정하는 확률비용변경분석법과 별도의 비모수적 효율성 측정 기법인 자료포락분석법을 사용하였으며, 두 방법론으로부터 추정된 비용 비효율성을 비교 검토하였다. 또한 확률비용변경분석법으로 추정된 비용 비효율성에 영향을 미치는 결정요인을 발굴하고 토빗(Tobit) 회귀모형으로 분석하였다. 비용 효율성 분석과 결정요인분석의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 확률비용변경분석법을 이용하여 개별 관측치의 비용 비효율성을 분석한 결과 비용 비효율성의 전체 평균은 0.0559이며 표준편차는 0.0103으로 나타났다. 전체적으로 국내 컨테이너항만 터미널 운영사의 선도업체 대비 비용 비효율성은 낮은 수준으로 보이며, 운영사 간 편차도 크지 않은 것으로 분석되었다. 연도별 비용 비효율성 추이를 살펴보면 2012년 이후 점차 감소하는 추세를 보여, 대내외 산업 여건 변화로 인해 항만 간 또는 터미널 간 경쟁이 심화되는 가운데 국내 컨테이너터미널 운영사들의 비용 절감 노력이 효율성 개선으로 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

둘째, 자료포락분석법을 이용하여 개별 관측치의 비용 비효율성을 분석한 결과 비용 비효율성의 전체 평균은 0.1057, 표준편차는 0.0891로 나타났다. 확률비용변경분석법으로 추정한 비용 비효율성과 비교했을 때 두 방법론은 상당히 비슷한 결과를 보였다. 자료포락분석 역시 전체적으로 비용 비효율성이 낮은 가운데 관측치 간 편차가 크지 않았으며, 연도별 분석에서는 2012년 이후 비용 비효율성이

감소하는 추세를 보였다. 또한 두 분석법으로 나타난 가장 비용 효율적인 운영사는 공통적으로 운영사 I 였으며, 운영사 F도 공통적으로 3순위 안에 위치하였다. 두 분석법 간 Pearson 상관계수를 산출한 결과 0.6244로 나타나 양자 간 비교적 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

셋째, 확률비용변경분석법으로 추정된 비용 비효율성에 대해 토빗(Tobit) 회귀모형을 이용하여 결정요인 분석을 실시하였다. 최종 선정된 모형의 결정계수는 0.6417로 산출되어 모형의 설명력이 높은 것으로 나타났다. 변수별로는 컨테이너 처리량, 직접고용비의 비중, 인건비의 비중 등의 계수가 음(-)의 값을 가져 변수의 투입량을 증가시킬 때 비용 효율성이 개선되는 효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 반면, 안벽 길이의 계수는 양(+)의 값을 가져 안벽 길이가 길수록 비용 비효율성이 증가하는 것으로 나타났으며, 운영사별 운영 형태와 표준장비 대수의 차이에 따른 비용 비효율성은 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

본 연구는 우리나라 컨테이너항만의 개별 터미널 운영사의 비용 비효율성을 측정하고 잠재변수를 활용하여 비용 비효율성 결정요인을 발굴한 점에서 의의가 있다. 다만 분석 대상에 글로벌 터미널 운영사가 포함되지 않아 추정된 비용 비효율성이 국내 컨테이너터미널 운영사 간의 상대 비교에 그치는 한계가 존재한다. 또한 결정요인 분석 시 잠재변수로 조직의 혁신성, 신기술 도입, 항만 정책의 변화 등 정성적 변수가 포함되지 않아 항만하역업의 구조적 변화가 비용 효율성에 어떤 영향을 미치는지에 대한 후속 연구의 필요성이 제기된다.

제 5 장

결론 및 정책 제언

제1절 결론

전 세계 물동량 성장세가 둔화됨에 따라 글로벌 항만 간 물동량 유치경쟁이 나날이 심화되고 있다. 우리나라 주요 항만은 대내외 물류 환경 변화에 따라 컨테이너 물동량 증가세가 둔화되고 있는 가운데, 선박 대형화, 환경 규제 강화, 항만자동화와 스마트화 등 항만산업에 추가적인 투자지출을 발생시키는 요인들은 꾸준히 증가하고 있다. 이에 정부는 국내 항만의 경쟁력 강화를 위해 첨단항만 개발 등 대규모 투자 방침을 수립하고 있다. 다만, 대내외적 환경 변화에 따라 항만산업의 경쟁력에 대한 인식의 전환이 요구되고 있는 상황이다. 과거에는 대규모 시설·설비 확충을 통해 물동량 확보(생산 최대화)가 경쟁력 강화를 위한 당면 과제였다면, 현재는 생산이 정체된 상황에서 비용 최소화의 관점으로 항만 경쟁력을 제고할 필요성이 증가하고 있는 것이다. 특히 항만산업을 구성하는 주체 중 하나인 컨테이너

터미널 운영사의 비용분석을 통해 산업 특성을 파악하고 비용 효율성 개선을 위한 방안을 마련하는 것은 개별항만의 경쟁력뿐만 아니라 해상운송 비용 절감을 통한 우리나라 수출 경쟁력 제고를 위한 출발점이 될 것으로 판단된다.

본 보고서는 ‘제1장 서론’, ‘제2장 국내 컨테이너항만의 현황 및 비용 특성’, ‘제3장 국내 컨테이너항만의 비용함수 추정’, ‘제4장 국내 컨테이너항만의 비용 효율성 분석’, ‘제5장 결론 및 정책 제언’으로 구성되었다. 본 연구는 국내 컨테이너항만의 비용함수 추정을 통해 경쟁력 강화를 위한 방안 마련에 도움이 되는 시사점을 도출하는 데 그 목적이 있으며, 각 장별로 다음의 연구를 수행하였다.

제1장 서론에서는 연구의 배경, 목적, 범위, 연구추진 방법과 기대효과를 소개하였다. 항만산업을 둘러싼 대내외 환경 변화에 따라 비용함수 추정을 통한 국내 컨테이너항만의 경제성과 효율성 진단의 중요성을 강조하였다. 또한 이를 위해 어떤 방법론과 방향으로 연구가 진행되는지에 대한 연구 흐름도를 제시하였다.

제2장 국내 컨테이너항만의 현황 및 비용 특성에서는 계량분석에 앞서 국내 컨테이너항만의 현황과 비용 및 생산 투입요소 자료의 수집 개요, 수집된 자료로부터 요인별 비용 특성 등을 살펴보았다. 우리나라 컨테이너항만은 2018년 기준 11개 항만이며, 총 29개 터미널 운영사에 의해 운영되고 있다. 운영주체에 따라 임대터미널과 민간 터미널, 처리화물의 형태에 따라 컨테이너 전용터미널과 컨테이너화물과 일반화물을 동시에 처리하는 다목적터미널 등 다양한 형태로 구분될 수 있다. 국내 컨테이너항만의 비용 특성을 개관하기에 앞서 운영사의 비용 및 생산 투입요소의 분류를 확정할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 비용항목을 크게 인건비, 자본비, 운영비로 분류하였

으며 각 항목에 포함되는 세부항목을 결정하였다. 또한 비용 항목별 생산 투입요소를 정의하였으며, 생산 투입요소별 비용 비중과 단위 생산성 등을 통해 컨테이너항만의 비용 특성을 분석하였다. 수집 자료의 신뢰성을 확보하기 위해서는 기존의 공시 자료를 이용하는 방법이 가장 적합하다고 판단되나 동일한 분류기준을 적용한 자료 입수는 불가능하였다. 따라서 본 연구에서는 별도의 자료조사를 통해 기 확정한 분류기준에 맞는 자료를 수집하였으며, 공시 자료를 통해 타당성을 검증하고 부족한 부분을 보충하는 방법을 택했다.

제3장 국내 컨테이너항만의 비용함수 추정에서는 우선 항만산업과 타 산업에서 비용함수를 추정한 국내외 선행연구를 검토하였다. 국내 컨테이너항만의 비용함수 추정 등 계량분석 방법론을 활용한 연구는 전무한 상태로 본 연구에서는 비용함수 추정에 대한 각종 학술서와 타 산업에 적용한 연구를 참고하여 비용함수 추정 방법론을 정리하였다. 분석에 사용한 자료는 13개 운영사의 2007년부터 2017년 기간의 총 116개 관측치를 활용하였다. 분석 모형은 인건비, 자본비, 운영비의 세 개의 요소가격과 산출량(컨테이너 처리량)으로 구성된 초월대수 비용함수 모형을 사용하였다. 추정 방법론으로는 반복결합 일반화 최소자승법을 사용하였으며, 추정된 모형의 적합도가 매우 높은 것으로 나타났다. 추정된 초월대수 비용함수를 이용하여 규모의 경제성을 분석한 결과 우리나라 컨테이너항만은 연도별·운영사별 규모의 경제가 존재하는 것으로 추정되었다. 이는 국내 컨테이너터미널 운영사가 최적규모인 최소효율규모에 아직 미치지 못했으며, 규모의 경제 효과를 충분히 누리기 위해서는 규모 확대가 필요한 것으로 판단된다. 생산요소의 가격이 1% 변화하였을 때 수요량이 몇 % 변화하는지를 측정하는 가격탄력성을 산출한 결과는 절댓값이 1보다

작아 생산요소 수요량의 변화가 가격의 변동에 대해 비탄력적인 것으로 분석되었다. 또한 생산량을 일정한 수준에 유지한 상태에서 생산요소 간 대체가 용이한지를 측정하는 대체탄력성 산출 결과 양(+)의 값이 나타나 생산요소 간 대체가 가능하나, 산출된 대체탄력성 값이 모두 1보다 작아 실제 생산 투입요소 간 대체 가능성은 미미한 것으로 분석되었다.

제4장 국내 컨테이너항만의 비용 효율성 분석에서는 확률비용변경 분석법과 자료포락분석법을 이용하여 선도업체 대비 비용 비효율성을 측정하였다. 선행연구와 효율성 분석 학술서를 참고하여 두 방법론을 소개하였으며, 본 연구에 적용 가능한 비용 효율성 추정방법을 정리하였다. 두 방법론을 통한 분석 결과는 유사하게 도출되었다. 선도업체 대비 비용 비효율성이 낮은 수준으로 측정되었으며, 관측치 간 편차도 크지 않은 것으로 분석되었다. 또한 확률비용변경분석법으로 추정한 비용 비효율성에 대해 토빗(Tobit) 회귀모형을 이용하여 결정요인 분석을 실시한 결과, 컨테이너 처리량, 직접고용비의 비중, 인건비의 비중 등의 계수가 음(-)의 값을 가져 변수의 투입량을 증가시킬 때 비용 효율성이 개선되는 효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 반면, 안벽 길이의 계수는 양(+)의 값을 가져 각각 안벽 길이가 길수록 비용 비효율성이 증가하는 것으로 나타났으며, 운영사별 운영 형태와 표준장비 대수의 차이에 따른 비용 비효율성은 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

한편 본 연구의 분석 결과가 비용 측면으로 제한되어 있어 해석에 있어서 주의가 필요하다. 예를 들어 개별 운영사가 비용 측면에서 효율적으로 생산하고 있다 할지라도 수요 부문을 동시에 고려한 종합적인 수익(profit) 측면에서는 비효율적일 수 있다. 또한 제반 규제

및 산업의 구조적 변화 등으로 인해 개별 운영사의 운영 방침이 본 연구로부터 도출된 결과와 반대 방향으로 나타날 수 있다. 따라서 산업의 경쟁력 제고를 위해 보다 현실적인 정책방안을 제시하기 위해서는 수요, 규제 등 개별 운영사가 통제할 수 없는 부분까지 종합적으로 고려한 분석을 시도할 필요가 있다.

제2절 정책 제언

1. 효율적 인력 관리 방안 마련

1) 필요성

우리나라 컨테이너터미널 운영사의 비용구조를 살펴보면 총비용에서 인건비가 차지하는 비중이 약 40%로 타 산업에 비해 매우 높은 수준임을 확인할 수 있다. 비용함수 추정을 통해 인건비의 가격탄력성과 대체탄력성을 분석한 결과 가격탄력성과 대체탄력성 모두 비탄력적인 것으로 나타났다. 이는 인건비의 단위 가격 상승이 운영사의 비용 부담으로 고스란히 전가될 가능성이 높음을 시사한다. 특히 최저임금 상승, 근로시간 단축 등 정부의 정책 기조와 맞물려 인건비 증가가 예상되는 가운데 항만산업은 이에 취약한 구조를 가지고 있다고 볼 수 있다.

한편 비용 효율성 결정요인 분석을 통해 도출한 직접고용 비중이 높을수록 비용 비효율성이 낮다는 결과는 개별 운영사가 효율적 인력 관리를 통해 비용 효율성을 개선할 여지가 있다는 것으로 판단된다.

2) 문제점

파업, 인력 수급 불일치 등 인력관리 문제로 인해 컨테이너터미널 기능이 저하 또는 마비될 경우 수출입 화주의 막대한 금전적 피해와 신뢰도 하락을 야기할 수 있다. 또한 환적화물의 비중이 상대적으로 높은 우리나라 컨테이너항만의 특성상 잦은 기능의 저하 및 마비는 기항지로서의 매력을 하락시켜 항만산업의 쇠락을 가져올 가능성이 크다.

그러나 경직된 우리나라 노동시장 환경에서 인력관리 문제에 따른 운영사의 경쟁력 하락을 방지할 뚜렷한 대책은 마련되지 않고 있다. 미국, 유럽 등 세계 주요국의 경우 강성 노조의 잦은 파업과 높은 인건비 등이 무인 자동화항만의 도입을 서두르게 하는 요인으로 작용하고 있는 것으로 보이나, 현실적으로 막대한 자본 투입이 요구되는 자동화항만의 도입이 실제 운영사의 비용 효율성을 개선시킬 수 있을지에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

3) 항만 인력구조 유연성 확보

컨테이너터미널 운영사의 효율적 인력 관리를 통한 비용 효율성 개선은 개별항만의 경쟁력에 국한된 것이 아니라 전체 해상운송 비용 절감을 통해 국가 수출경쟁력 제고에 중요한 역할을 한다. 따라서 운영사는 단기적인 비용 절감을 위해 외부용역 비중을 늘리기보다 직접고용을 통해 숙련된 기술 인력을 안정적으로 확보하는 한편 일시적인 컨테이너 처리량의 증감에 따라 유연한 대처가 가능하도록 직접고용과 외부용역인력 활용 사이에서 장기적으로 최대 효율을 가져올 수 있는 최적의 인건비 비용비중을 찾는 노력이 필요하다.

또한 정부는 컨테이너항만이 국가 경제에서 담당하는 역할과 공익적 가치를 보존하기 위해 터미널 운영사가 인력구조에 유연성을 확보할 수 있도록 적극적인 정책을 시행하여야 한다. 국토해양부(2008)⁵⁷⁾에서는 컨테이너항만 인력구조의 유연성 확보를 위해 컨테이너터미널의 필수공익사업장 지정 추진, 항운노조 인력 공급 체계 개선, 구조조정 시 적극적 노동시장 정책 시행 등의 세부 실천과제를 제시하고 있다. 더불어 운영사가 숙련된 기술 인력을 원활히 공급받을 수 있도록 직업 교육 시스템을 강화하고, 인력 수급에 있어서의 미스매치를 줄이기 위한 정책을 개발해야 할 것으로 판단된다.

2. 터미널 운영시스템 개선

1) 필요성

일반적으로 한 산업에 규모의 경제가 존재한다는 것은 산업 전체적으로 생산량이 증가함에 따라 평균비용이 감소하는 것을 말한다. 본 연구의 분석 결과에 따르면 우리나라 컨테이너항만 산업에는 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 이에 규모의 경제 효과를 충분히 누리기 위해서는 컨테이너터미널 운영사의 규모 확대가 필요하다. 또한 결정요인 분석을 통해 도출한 컨테이너 처리량이 늘수록 비용 효율성이 개선된다는 분석 결과도 규모 확대의 필요성을 뒷받침하고 있다.

다만 안벽 길이가 늘수록 비용 비효율성이 증가한다는 분석 결과에 따르면 터미널 운영사가 안벽 길이에 따른 비용 증가 대비 산출량을 효율적으로 증가시키지 못하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 터

57) 국토해양부(2008), pp. 279~281.

미널 운영시스템 개선을 통해 규모의 경제를 실현시킬 수 있는 방안 마련이 필요하다.

2) 문제점

컨테이너터미널의 규모는 선석 수, 터미널 면적, 안벽 길이 등에 의해 결정된다. 그러나 대표적인 컨테이너터미널 운영형태인 임대터미널은 항만 개발과 관리 주체인 정부(해양수산부)가 항만을 건설하여 소유하고 있으며, 터미널 운영사에게 터미널 부지를 임대하는 형식으로 운영되고 있다. 민자터미널 역시 민간기업이 터미널 개발과 운영을 전적으로 담당하고 있으나, 터미널 준공과 동시에 소유권은 국가 또는 지방자치단체에 귀속되며 운영사는 일정기간 동안 항만의 운영과 관리권을 위임받는 방식으로 운영된다. 따라서 개별 터미널 운영사가 규모의 경제 실현을 위해 터미널 규모를 확장하는 데는 많은 현실적 제약이 따른다고 볼 수 있다.

그간 부산항 신항을 중심으로 터미널이 소규모로 분리 운영됨으로 인해 발생하는 운영상의 비효율을 개선하기 위한 논의는 계속되어 왔다. 운영사 통합운영, 선석 공동운영, 항만공사의 터미널 지분 참여 등 여러 대안들이 제시되었으나, 현실적인 실행에는 많은 어려움이 예상된다. 통합운영을 위해서는 이미 장기간 관리운영권을 위임받은 민자터미널의 자발적 참여를 기대하기 어려우며, 장치장을 제외한 선석만의 공동 이용은 점안 가능한 선박에 제한이 가는 등 선석 공동 운영에 따른 효과가 크지 않을 수 있다.⁵⁸⁾ 무엇보다 지분구조 등 이해관계가 복잡하게 얽혀있는 상황에서 운영사의 물리적 통합을 통한

58) 컨테이너터미널은 선석과 선박 간 선적·하역 작업을 위해 장치장을 통한 화물 준비, 대기, 보관 등의 작업이 함께 이루어져야 하므로 선석과 장치장이 분리되어 운영되기는 힘들

규모의 경제 실현은 매우 어려운 문제이다.

3) 혁신적 터미널 운영 시스템 도입

효율성 개선을 통한 경쟁력 강화를 위해서, 그리고 규모의 경제성 실현을 위해서는 혁신적 운영 시스템 도입이 필요하다. 이에 한국해양수산개발원(2017)⁵⁹⁾은 혼합형 전용터미널(Hybrid Liner Terminal) 시스템의 적용 가능성을 검토하였다. 혼합형 전용터미널 시스템은 가상의 통합주체가 전체 터미널에 대한 요율 협상권, 선석 배정권 등의 권한을 위임받아 개별 터미널이 아닌 항만 단위로 시설을 최적 운영하는 방식이다. 이에 개별 터미널 운영사는 주주로 항만 운영의 의사결정에 참여하게 되며, 자사 터미널에 배정된 물동량을 자사의 인력, 장비 및 시설로 처리하는 역할을 담당하게 된다.

항만산업은 선사, 운영사, 항만공사 등 항만을 이용·관리하는 다양한 주체들로 이뤄져 있다. 혼합형 전용터미널 도입으로 개별 주체들이 얻을 수 있는 기대효과는 다음과 같다. 먼저 선사는 선박 대기시간 최소화로 상시 접안, 운항비용 절감, 항만 관련 서비스의 원스톱 제공에 따른 업무 편의 등을 기대할 수 있다. 운영사는 시설 활용 최적화를 통해 물동량 증가, 대(對)선사 협상력 강화, 매출액 증가 등의 이점이 있다. 또한 항만공사의 경우 가상의 통합 주체에 대한 지분참여를 통해 항만 내 전체 터미널에 대한 공공성 확보가 가능하다.

다만 새로운 운영 시스템 도입을 위해서는 다양한 사례 조사와 실증 분석을 통해 실질적인 효과를 구체화시켜야 할 것이다. 또한 시스템의 도입 단계별 정책 지원 방안에 대한 후속연구도 필요할 것으로 판단된다.

59) 한국해양수산개발원(2017)

3. 통계 자료 구축 시스템 도입

1) 필요성

소기의 정책 목표 달성을 위해서는 정책 시행에 앞서 정책 대상을 명확히 정의하고, 정책 시행에 따른 기대 효과와 발생 가능한 문제점에 대한 면밀한 분석이 필요하다. 특히 다양한 이해관계가 얽혀있는 경제사회 문제를 풀기 위해서는 각종 문헌 조사, 현장 조사와 함께 객관적으로 문제를 인식하고 시사점을 도출할 수 있는 계량분석을 실시해야 한다. 계량분석이란 특정 현상에 대해 측정을 통하여 자료를 수집하고 이를 분석하여 문제 해결에 유용한 정보를 얻는 행위이다. 이때 중요한 것은 일관된 기준을 적용한 통계 자료의 구축이다.

컨테이너항만의 경쟁력 제고를 위한 정책방안 마련을 위해서도 계량분석을 위한 통계자료 구축 시스템 도입이 필요하다.

2) 문제점

현재 우리나라 컨테이너터미널의 대다수 운영사는 항만물류협회(사)의 회원으로 가입하여 매년 장비, 인력 현황 등의 정보를 제공하고 있다. 또한 계열사 자산 총액이 일정 수준 이상인 운영사는 공시대상 기업으로 지정되어 일정 기간 동안의 사업 내용, 재무 상황 및 경영 실적 등 기업 전반에 관한 사항을 정기적으로 공시할 의무가 있다. 따라서 정책 담당자, 연구자, 투자자 등 정보 이용자는 협회가 발간한 통계자료와 전자공시시스템(DART)을 통해 다양한 통계를 수집할 수 있다.

그러나 본 연구의 수행 과정에서 발생한 가장 큰 어려움은 일괄적이고 통일된 형식을 통해 구축된 자료의 수집이었다. 전자공시시스템을 통해 공시된 운영사의 재무제표는 운영사마다 공시하는 방법과 기준이 다르며, 하나의 운영사가 공시한 연도별 자료도 매년 기준이 바뀌기도 하였다. 운영사 입장에서는 공시 의무사항에 명확한 세부 공시항목의 분류가 없어 기준이 모호할 수 있으며, 생산 투입요소량의 외부 공개가 빈번한 상황에서 각 항목별 요소비용이 공개될 경우 자사의 투입요소 단위가격이 공개되는 것이므로 기업경영에 있어서 협상력 저하를 우려하여 투명한 자료 제공에 민감할 수밖에 없다.

3) 통계 자료 구축 시스템 도입

실효성 있는 정책 개발을 위해서 통계 자료 구축 시스템 개발이 필요하다. 이에 국가 중앙행정기관인 해양수산청 또는 항만의 관리운영권을 위임받은 항만공사가 터미널 운영사에 필요 정보 제공 의무를 부여하여 통계자료를 주기적으로 수집하고 통합 관리하는 방안을 고려할 수 있을 것이다. 다만 정보 공개 범위는 재무자료를 통해 기업의 치명적인 영업사항이 노출되지 않도록 한정해야 하며, 필요에 따라서는 단위생산성, 비용 효율성 등 각종 경제지표만을 공시하는 방안도 고려할 수 있을 것이다. 또한 매년 정부가 발간하는 항만편람, 항만물류협회의 하역요람, 각 항만공사의 연간보고서 등에 그 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 강상목, 「관광숙박업의 비용함수 추정을 통한 장·단기 비용효율의 비교」, 『관광레저연구』, 제30권, 제1호, 2018.
- 강현구·류동근·손보라, 「컨테이너터미널 운영사의 경영 효율성 평가에 관한 연구」, 『한국항해항만학회지』, 제36권, 제6호, 2012.
- 국토해양부, 『우리나라 항만물류기업의 경쟁력 제고방안 연구 - 컨테이너터미널 운영기업을 중심으로』, 2008.
- 권혁구·하헌구, 「물류산업과 화물자동차운송산업의 비용구조와 효율성 분석에 관한 연구」, 『교통연구』, 제23권, 제1호, 2016.
- 김근섭, 「항만 산업 전망과 대응」, 해양수산 전망대회 2018(항만·물류) 발표자료, 2018.
- 김대식·노영기·안국신, 『현대 경제학원론』, 박영사, 2009.
- 김민정·김제철, 「항공운송산업의 비용분석을 통한 구조개편 방안」, 한국교통연구원, 2005.
- 김운수, 『컨테이너터미널의 효율성 분석』, 한국해양대학교 박사학위논문, 2004.
- 김운수·곽규석, 「SFM을 이용한 컨테이너터미널의 효율성 분석」, 『한국항해항만학회지』, 제29권, 제1호, 2005.
- 김지영·김현아, 「지역SOC 비용함수 추정을 통한 규모의 경제 분석: 지방상수도를 중심으로」, 『한국지방재정논집』, 제22권, 제1호, 2017.
- 나호수, 『The Efficiency Measurement of Korean Seaports: An Application of DEA and SFA』, 성균관대학교 박사학위논문, 2009.
- 노승원·김성수, 「확률적 비용변경접근법을 이용한 서울 시내버스업체의 효율성 분석」, 『환경논총』, 제46권, 2008.
- 류동근, 「국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교: DEA 접근」, 『해운물류연구』 제47권, 2005.
- 모수원, 「국내항만의 효율성 결정요소 -패널분석과 이분산 토빗모형을 이용

- 하여-, 『한국항만경제학회지』, 제24권, 제4호, 2008.
- 모수원·이광배, 「부산항과 광양항의 컨테이너 터미널의 효율성」, 『한국항만경제학회지』, 제26권, 제2호, 2010.
- 박노경, 「확률프론티어분석을 통한 국내컨테이너 터미널의 효율성 측정 방법 소고」, 『한국항만경제학회지』, 제26집, 제4호, 2010.
- 박호·김동진, 「국내 주요 4대 컨테이너항만의 효율성 및 결정요인 분석」, 『한국항만경제학회지』, 제28권, 제3호, 2012.
- 백충기, 『한국 해운업 및 조선업의 이윤, 수입, 비용 효율성에 관한 연구 -확률변경함수를 이용하여-』, 부산대학교 박사학위논문, 2014.
- 변재영, 「2018년 항만정책 방향」, 해양수산 전망대회 2018(항만·물류) 발표자료, 2018.
- 송재영, 「DEA 모형을 이용한 컨테이너 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구」, 『동아시아물류동향』, 통권3호, 부산발전연구원, 2003.
- 신용민·심성현, 「초월대수 비용함수를 이용한 근해어업의 규모의 경제성 분석」, 『Ocean and Polar Research』, 제39권, 제1호, 2017.
- 여수광양항만공사, 「2016년 여수항·광양항 화물 주요 통계」, 2016.
- 오승은, 『지방자치단체 기업적 활동의 효율성 분석: 지방공영개발사업을 중심으로』, 연세대학교 박사학위논문, 2000.
- 이준구, 『미시경제학』, 법문사, 2006.
- 한국항만운송노동연구원, 「항만무인화를 바라보는 항만노동자」, 국내 자동화 항만 구축 정책토론회 발표자료, 2018.
- 한국해양수산개발원, 「항만의 경쟁력 평가모형 구축과 활용방안에 관한 연구」, 2008.
- _____, 「동북아 물류중심항만정책의 평가」, 2009.
- _____, 「부산항 신항 혼합형 전용터미널(Hybrid liner terminal) 시스템 도입방안 연구」, 2017.
- _____, 『2017년 품목별 항만물동량 예측보고서』, 2018.

항만물류협회, 『항만하역요람』, 2017.

해양수산부, 『컨테이너항만 적정하역능력 재검토 용역』, 2015.

_____, 『제3차 전국 항만기본계획 수정계획』, 2016a.

_____, 『항만편람』, 2016b.

_____, 『제3차 항만배후단지개발 종합계획』, 2017a.

_____, 『항만 컨테이너 물류 주요 통계』, 2017b.

_____, 『항만업무편람』, 2017c.

황진수·전홍석·강성찬, 「항만 소유구조에 따른 효율성 모형 비교연구」, 『응용통계연구』 제22권 제6호, 2009.

〈국외 문헌〉

Afriat, Sidney N., “Efficiency Estimation of Production Function”, *International Economic Review*, 13(3), 1972.

Aigner, Dennis J., C.A. Knox Lovell, and Peter Schmidt, “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models”, *Journal of Econometrics*, 6(1), 1977.

Battese, George E., “Frontier Production Functions And Technical Efficiency : A Survey Of Empirical Applications In Agricultural Economics”, *Agricultural Economics*, 7(3 ~ 4), 1992.

Baumol, William J., “Contestable Markets: An Uprising in the Theory of Industry Structure”, *The American Economic Review*, 72(1), 1982.

Besstremyannaya, Galina, and Jaak Simm, *Robust non-parametric estimation of cost efficiency with an application to banking industry*, Working Papers w0217, Center for Economic and Financial Research(CEFIR), 2015.

- Charnes, A., W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), 1978
- Coelli, Timothy J., D.S. Prasada Rao, Christopher J. O'Donnell, and George E. Battese, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd Edition, Springer, 2005.
- Coto-Millan, Pablo, Jose Banos-Pino, and Ana Rodriguez-Alvarez, "Economic efficiency in Spanish ports: some empirical evidence", *Maritime Policy & Management*, 27(2), 2000.
- Cullinane, Kevin, Dong-Wook Song, and Richard Gray, "A stochastic frontier model of the efficiency of major container terminals in Asia: assessing the influence of administrative and ownership structures", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(8), 2002.
- Cullinane, Kevin, Teng-Fei Wang, Dong-Wook Song, and Ping Ji, "The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4), 2006.s
- Drewry, *Container Forecaster & Annual Review 2017/18*, 2017.
- Fries, Steven, and Anita Taci, "Cost efficiency of banks in transition: Evidence from 289 banks in 15 post-communist countries", *Journal of Banking & Finance*, 29(1), 2005.
- Greene, William H., "Maximum likelihood estimation of econometric frontier functions", *Journal of Econometrics*, 13(1), 1980.
- Jara-Diaz, Sergio, Beatriz Tovar De La Fe, and Lourdes Trujillo, "Multioutput Analysis Of Cargo Handling Firms : An Application To A Spanish Port", *Transportation*, 32(3), 2005.
- Jondrow, James, C.A. Knox Lovell, Ivan S. Materov, and Peter Schmidt, "On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Econometrics*, 19(2~3), 1982.

- Kumbhakar, Subal C., "Modeling allocative inefficiency in a translog cost function and cost share equations : An exact relationship", *Journal of Econometrics*, 76(1~2), 1997.
- Kumbhakar, Subal C., and C.A. Knox Lovell, *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, 2003.
- Liță, Iulian, and Tănase Stamule, "Stochastic Frontier Analysis Of Production Function And Cost Function Estimation Methods. Study Of Efficiency At Industry Level", *Management & Marketing Challenges For The Knowledge Society*, 6(1), 2011.
- Marcin, Thomas C., "Cost Function Approach for Estimating Derived Demand for Composite Wood Products", *In Symposium on Systems Analysis in Forest Resources*, Charleston, SC, 1991.
- Martinez-Budria, E., R. Diaz-Armas, M. Navarro-Ibanez, and T. Ravelo-Mesa, "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis. *International Journal of Transport Economics*, 26(2), 1999.
- Notteboom, Theo, Chris Coeck, and Julien Van Den Broeck, "Measuring and Explaining the Relative Efficiency of Container Terminals by means of Bayesian Stochastic Frontier Models", *International Journal of Maritime Economics*, 2(2), 2000.
- Parmeter, Christopher F., and Subal C. Kumbhakar, "Efficiency Analysis: A Primer On Recent Advances", *Foundations and Trends in Econometrics*, 7(3~4), 2014.
- Roll, Y., and Y. Hayuth, "Port performance comparison applying data envelopment analysis(DEA). *Maritime Policy and Management*, 20(2), 1993.
- Schmidt, Peter, and C.A. Knox Lovell, "Estimating Technical And Allocative Inefficiency Relative To Stochastic Production And Cost Frontiers", *Journal of Econometrics*, 9(3), 1979.
- Stevenson, Rodney E., "Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation", *Journal of Econometrics*, 13(1), 1980.

- Talley, Wayne K., and ManWo Ng, "Port economic cost functions : A service perspective", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 88, 2016.
- Tovar, Beatriz, Sergio Jara-Diaz, and Lourdes Trujillo, *A Multioutput Cost Function for Port Terminals: Some Guidelines for Regulation*, Policy, Research working paper series, No.WPS 3151, World Bank, 2003.

〈인터넷 자료〉

- IMF, World Economic Outlook 2018.4., www.imf.org(검색일: 2018. 4. 5.)
- 경기평택항만공사, <http://www.gppc.or.kr>(검색일: 2018. 8. 3.)
- 군산지방해양수산청, <http://gunsan.mof.go.kr>(검색일: 2018. 8. 1.)
- 금융감독원 전자공시시스템, <http://dart.fss.or.kr>(검색일: 2018. 4. 4.)
- 부산항만공사, <http://www.busanpa.com>(검색일: 2018. 7. 13.)
- 울산항만공사, <https://www.upa.or.kr>(검색일: 2018. 8. 3.)
- 인천항만공사, <https://www.icpa.or.kr>(검색일: 2018. 8. 3.)
- 통합 PORT-MIS, <https://new.portmis.go.kr>(검색일: 2017. 12. 20, 및 2018. 10. 15.)
- 포항지방해양수산청, <http://pohang.mof.go.kr>(검색일:)
- 한국은행 경제통계시스템, <https://ecos.bok.or.kr/>(검색일: 2018. 8. 9.)
- 한국항만물류협회, <http://www.kopla.or.kr>(검색일: 2018. 5. 29.)
- 해양수산부 보도자료, <http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=23402&searchSelect=title&boardKey=10&searchStartDate=2018-08-27&searchEndDate=2018-09-27&menuKey=376¤tPageNo=3>(검색일: 2018. 10. 15)

〈신문 기사〉

경인일보, “항만부지화·車’클러스터 조성…인천 남항(권 부두) 살리기 해법찾기”, http://m.kyeongin.com/view.php?key=20180604010001098#_enliple(검색일: 2018. 10. 11.)

〈인터뷰 자료〉

터미널 운영사 실무전문가 인터뷰(2018. 4. 13. 대한민국 부산)

터미널 운영사 자문회의(2018. 5. 3, 대한민국 부산)

항만물류협회 자문회의(2018. 6. 15, 대한민국 서울)

터미널 운영사 자문회의(2018. 10.26, 대한민국 인천)

부록

〈조사표 양식〉

국내 컨테이너항만의 비용함수 추정 및 효율성 분석을 위한 터미널 운영사 조사표

안녕하십니까?

한국해양수산개발원(KMD)은 국무총리실 산하의 해운, 항만, 수산 등 해양수산 전반의 국가정책을 연구하는 정부출연연구기관입니다. 본 연구진은 해양수산부를 비롯한 국내 연구 수요조사를 통해 선정된 “국내 컨테이너항만의 비용함수 추정과 효율성 연구”를 수행하고 있습니다.

주지하시다시피 물동량 증가세 둔화와 선박의 대형화 등에 따라 항만 간 무한 경쟁이 심화되고 있어 비용최소화가 국내 컨테이너항만의 경쟁력을 키우는데 핵심 요인이 되었습니다. 따라서 비용 측면에서 국내 컨테이너항만의 운영상 특징을 분석하고, 비용 효율성 향상을 위한 정책 수립이 매우 중요해졌습니다. 즉 정부정책 수립 시 항만의 건설에서부터 운영에 이르기까지 비용적인 측면을 고려해야 하며, 이를 위해서는 심도 있는 분석이 선행되어야 합니다.

컨테이너터미널의 비용함수 추정과 효율성 분석을 위해서는 공시된 재무제표 자료보다 상세한 데이터가 필요하나 각 터미널 운영사의 협조 없이는 불가능한 상황입니다. 이에 첨부과 같이 손익계산서와 인력, 장비 현황에 대한 자료를 요청드립니다.

제공해 주신 자료는 컨테이너항만 관련 국가 정책 수립에 귀중한 자료가 될 것입니다. 또한 운영사별 분석결과가 아니라 전체 또는 항만별 평균값만 제시되고, 통계법 제33조(비밀의 보호)에 의거 철저히 비밀이 보장됩니다.

2018. 6

▷ 조사기관 : 한국해양수산개발원 (부산시 영도구 해양로 301번길 26)

▷ 담당자 : (연구책임자) 최석우 박사(051-797-4777, schoi@kmi.re.kr)

(참여연구원) 박광서 박사(051-797-4722, kspark@kmi.re.kr)

작성자 인적사항	◦ 성명	
	◦ 소속기관 및 직급	
	◦ 연락처	

1 손익계산서

항목	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
①-1 제급여	고용직원(한정&관리인력) 전체의 급여성여/퇴직금여/복리후생비										
①-2 외주용역비	고용인원 외 외주용역비 전체										
②-1 부두임차료	임대부두의 부두임차료										
②-2 관리운영권	민자부두의 관리운영권의 매년 감가상각비										
③-1 감가상각비	보유장비의 당해연도 감가상각비										
③-2 지급임차료	보유장비의 당해연도 임차료(리스 포함)										
④ 동력비	전기, 유류비 전체										
⑤ 그 외 영업비용	위의 ①~④ 항목을 제외한 전체 비용										
⑥ 총비용	매출원가 + 판매관리비 총합										

* 작성방법 : 1. 각 항목별 금액 기재 시 매출원가와 판매비를 포함한 금액으로 작성
 2. 2007년부터 작성하되 그 이후 운영을 개시한 경우 실제 터미널 개시연도부터 기재
 3. 보유장비는 '보유장비 현황'의 목록에 해당하는 장비

2 인력현황

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
고용인력(명)											
외주-용역인력(명)											
합계(명)											

* 작성방법 : 1. 고용인력은 손익계산서의 매출원가+판매관리비의 인건비(급여, 복임료, 퇴직금여 포함)에 해당하는 인력 수(명)
 2. 외주-용역인력은 손익계산서 매출원가+ 매출원가의 외주-용역비에 해당하는 인력 수(명)
 3. 인력현황 기장은 당해연도 말 기준으로 작성

3 부두 현황

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
인벤키리(m)											
총면적(m ²)											

* 작성방법 : 1. 종단선은 신석, 아드 등 터미널 운영 전체 면적
2. 작성 기준은 임해연도 별 기준으로 작성

4 보유장비 현황

구분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Q/C	보유대수											
	취득여부	취득 임차(리스 포함)										
T/C	보유대수											
	취득여부	취득 임차(리스 포함)										
Y/T	보유대수											
	취득여부	취득 임차(리스 포함)										
R/S	보유대수											
	취득여부	취득 임차(리스 포함)										
Y/C	보유대수											
	취득여부	취득 임차(리스 포함)										
F/L	보유대수											
	취득여부	취득 임차(리스 포함)										

* 작성방법 : 1. 공산 및 장발수용 장비
2. 유류/임시(리스 포함)를 구분하여 작성하여 이들의 합계는 보유대수와 일치
민들레 포함하여 해당되는 장비에 한하여 작성

5 대(對)정부 건의사항

* 작성방법 : 컨테이너터미널운영사의 운영 상 예외사항 및 대정부 건의사항은 자유로이 기술해 주시기 바랍니다.

※ 작성 시 어려운 점이나 질문이 있으시면 담당자(최석우 : 051-797-4777, schoi@kmi.re.kr)에게 연락주시기 바랍니다.
조사에 응해주셔서 대단히 감사합니다.

기본연구보고서 발간목록

2018년

01	해양환경영향평가제도의 실효성 확보를 위한 개선 연구	박수진
02	공유수면매립 정책의 개선과 전환에 관한 연구	윤성순
03	도서지역 해양관광 발전전략 연구 - 관광행태 분석을 통한 수요 대응을 중심으로 -	홍장원
04	양식장 해양쓰레기 자원순환 방안 연구	김경신
05	수산업 전망모형 「KMI-FOSiM」 구축연구 - 양식산업 전망모형 구축을 중심으로 -	이현동
06	수산업 주요 연관산업의 글로벌 경쟁력에 관한 연구	임경희
07	인구소멸 시대의 어촌사회 정책 연구	박상우
08	국내 가두리 양식장 여장환경개선 방안	마창모
09	어업여건 변화에 대응한 연근해 어업의 허가제도 개선 방안	엄선희
10	과학적 해양사고조사체계 도입 및 구축기반 연구	박한선
11	컨테이너 해상물동량 예측 모형 구축방안 연구	고병욱
12	해운기업의 경영성과에 미치는 영향분석 연구	황진희
13	건설용 모래 공급사슬관리(SCM) 방안 - 바다모래 가치 재산정을 중심으로 -	이연경
14	항만산업 종합통계 연구	하태영
15	항만 위험물 컨테이너 공급사슬 관리방안 연구	최나영환
16	국내 컨테이너항만의 비용 함수 추정 및 효율성 연구	최석우
17	신규 해사산업 진흥을 위한 법제도 개선방안	박한선
18	환동해권 물류 및 지역개발 기업진출 사례 분석 및 추진전략	이기열

2017년

01	미래 수산업·어촌 발전을 위한 정책방향 연구	김대영
02	연안침식 대응정책의 개선방안 연구	윤성순
03	해양준조세 산정체계 개선방안	장정인
04	해역의 효과적 관리를 위한 도서 활용 방안 연구	최지연
05	반려동물산업 성장에 따른 수산분야 펫푸드 산업 활성화 방안	장홍석

06	강마을 지역경제 활성화를 위한 전략	박상우
07	Post-2020 국제기후변화 규범체계에 대응한 해양정책 개선방안 연구	박수진
08	한국 수산식품 세계화 전략 수립 연구 -수산물 수출을 중심으로-	임경희
09	양식산업 재난 위기관리에 관한 연구	마창모
10	해운기업의 선박투자 행태 분석과 대응방안	김태일
11	IMO 지속발전 전략계획(SP) 대응방안 연구	박한선
12	컨테이너 해운산업 구조개선을 통한 경쟁력 제고 방안 연구	고병욱
13	동북아 전자상거래 해상운송 전환수요 분석	이기열
14	컨테이너 해운기업의 환적 패턴 분석과 항만의 대응방안	김은수
15	현장수요기반 IoT/빅데이터 항만하역 안전시스템 구축방안 연구	전형모
16	지진에 대비한 항만기능 유지의 필요성과 추진방안	김우선

수시연구보고서 발간목록

2018년

01	선화주 상생발전을 위한 해운산업투자 확대방안 연구	윤재웅
02	새로운 어선등록제 도입을 위한 제도 개선방안 연구	엄선희
03	낙시관리 실행력 제고 방안 연구	이정삼
04	해양생태도의 정책 활용도 제고방안 연구	박수진
05	국내 항만 대기오염물질 배출 저감조치의 운영실태 조사 및 개선방안연구	안용성
06	농축산물 등의 관세행정 제도개선을 통한 항만배후단지내 FTZ활성화 방안연구	조지성
07	최저임금상승이 항만연관산업에 미치는 영향 및 대응방안	이기열
08	수산업·어촌분야 공익적 가치 평가체계 수립 및 사회적 경제 도입방안 연구	류정곤

2017년

01	파나마운하 확장에 따른 해운물류환경변화와 정책대응 방안	박용안
02	해양문화정책 방향에 관한 연구	홍장원
03	4차 산업혁명과 해운산업 정책방향	황진희
04	제주도 항만거버넌스 개선방안 연구	김근섭

05	수산물 산지경매사 직무 및 시험체계 개발	장홍석
06	한·중·일 신선물류산업 활성화 방안	장홍석
07	연안항 지정기준 개선방안 연구	김근섭
08	지속가능한 갯벌어업을 위한 로드맵 마련 연구 - 갯벌어업 패류양식을 중심으로 -	마창모
09	해양수산 공공부문 인재육성 정책 방향	홍현표

현안연구보고서 발간목록

2018년

01	미얀마 국립수산대학 설립 추진 방안 연구	정명화
02	연안여객 해상교통의 대중교통체계 구축 방안 연구	김태일
03	해조류 국제양식규범확산에 따른 국내 김산업 수용태세 분석 -ASC인증을 중심으로-	이상철
04	청년일자리 창출을 위한 해양수산 인력양성 방안 연구 - 국제물류 청년인력을 중심으로 -	박광서
05	컨테이너 화물 해상운송계약 개선방안 연구	윤재웅
06	청년 물류인력 해외진출 정주 지원사업 구상 연구	김은수
07	자율운행선박 도입 관련 대응정책 방향 연구	박혜리
08	연안토지매입 동향과 도입 가능성 검토	윤성순
09	강릉선 KTX 개통에 따른 해양관광 수용태세 개선방안 연구	최일선
10	선박관리산업 육성을 통한 청년 일자리 창출 방안 연구	최영석
11	시민 참여형 연안·해양정보 생산·활용방안	정지호
12	부산항 배후지 부가가치활동 확대를 통한 일자리 창출 연구	하태영
13	해양바이오 산업화를 위한 국가연구개발사업 추진 방향 연구	한기원
14	근로시간 단축제도 시행에 따른 해양수산업 고용영향 분석	장정인
15	어린물고기 남획실태 및 보호정책 연구	이정삼
16	남북관계 개선에 따른 항만물류 부문의 협력사업 발굴	이기열
17	한국 제조기업의 SCM 역량 강화 방안에 관한 연구	신수용
18	제3자 물류산업 발전방향 연구-대기업 물류자회사의 역할을 중심으로	고병욱
19	신남방정책 이행을 위한 한-베트남 수산식품·가공분야 개발협력 방안 연구	정명화

2017년

01	우리나라 해운금융의 한계 및 발전방향	전형진
02	한투발루 협력 증진을 위한 참다랑어 외해양식 투자의 타당성 분석	마창모
03	AMP 설치 수요조사 및 추진과제 연구	이연경
04	해외 진출 무역업체의 한국인 포워더 수요 추정 연구	신수용
05	선박교통관제(VTS) 운영효율화 방안 연구	박한선
06	부산 영도구·중구 도시재생사업 추진방안 -한진중공업·자갈치시장 사례 중심-	최나영환
07	수산시장의 소비자 신뢰 제고를 위한 정책 지원방안 연구	이현동
08	산업정책적 관점에서의 주요국 해운정책 분석 및 정책방향 연구	고병욱
09	연안형 도시재생 기본구상 -부산 원도심 및 영도지역 사례 분석-	최지연
10	갯벌 복원 수요 확대에 따른 복원 표준모형 개발 방향	육근형
11	항만보안 관리체계 효율화 방안 연구	김찬호
12	전자상거래 기반 상업항 개발전략	최상희
13	항만 내 여항구 개발과 관리제도 개선방안에 관한 연구	한광석
14	해운 얼라이언스 개편과 부산항 신항 환적 운영 개선 방향 연구	김은수
15	PA관할 항만 항계 확장에 따른 어업피해보상비 분담기준 마련	김근섭
16	페루 수산시장 현황 및 진출방안	정명화
17	러·일 간 남쿠릴 열도 분쟁의 최근 동향	현대송
18	부산항 신항 혼합형 전용터미널(Hybrid liner terminal) 시스템 도입방안 연구	김근섭
19	해양경비 여건 분석과 역량 강화 방안	윤성순
20	바닷모래의 이용실태와 관리 개선방향	윤성순
21	우리나라 구조조정 정책사례 및 시사점 -한진해운을 중심으로-	황진희
22	한국 컨테이너선대 육성의 필요성	김태일
23	어촌지역 고용지표 통계생산을 위한 기초연구	한광석
24	우리나라 항만산업 고용통계 조사 연구	하태영
25	뉴질랜드·노르웨이의 양식 수산물 수출 전략	임경희
26	빅데이터 적용 해운항만산업 연구분석 우선순위 연구	최종희
27	해양수산 생명자원정책의 개선방향에 관한 연구	박수진
28	미·중 수산물 수출 비관세장벽 동향 및 대응 방안	임경희
29	도시-어촌 상생협력 인식도 조사	이상철

30	크루즈산업의 일자리 창출 규모와 정책과제	황진희
31	내항여객운송사업 운영체계 개선방안	김태일
32	우리나라의 배출규제해역(ECA) 도입 방안 연구	이기열
33	친환경에너지 정책 추진강화에 따른 항만의 신재생에너지 확대방안	심기섭
34	해양수산 일자리 창출분야 및 고용효과 분석	박광서
35	선박에 의한 대기오염물질 배출량 산정체계 개선 방안	안용성
36	해양휴양복지 활성화 정책방안 연구	홍장원
37	G20 해양쓰레기 실행계획의 국내 이행 방안	김경신
38	물류기업 해외진출 지원사업 평가 및 실효성 제고 방안	신수용
39	2018 국내 물류기술 수요조사 및 분석	최상희
40	도시청년 일자리 창출을 위한 도시형 어촌 개발 콘텐츠 발굴 연구	박상우
41	4차 산업혁명시대 항만물류산업 고도화 방안 연구	이언경
42	원양어선 승무 선원의 스트레스 분석에 관한 연구	이승우
43	일자리 창출을 위한 우리나라 항만 경제특구 발전 방향	박성준
44	해양주권 강화를 위한 무인도서 기초정보 개선 연구	정지호
45	세계경영을 위한 해외 터미널 및 물류시설 투자방안	박주동
46	연안 소규모 하·폐수 처리시설의 관리 문제점 및 개선방향	장원근
47	거대선사의 시장지배력 확대에 대한 국적선사의 대응 방향	전형진
48	해양법 관련 최근 판례 및 동향 분석 - 남중국해 분쟁 등 해양법 판례 중심 -	최지현
49	화주 관점의 항만배후단지 역할 제고 방향	김은수

일반연구보고서 발간목록

2018년

01	전라남도 작은 SOC사업 활성화 방안 - 소규모 항·포구 개선사업 -	김근섭
02	2019 국내 물류기술 수요조사 및 분석	최상희
03	러시아 ARCTIC LNG-2 사업 참여 방안 연구	김민수
04	물류기술 R&D 추진동향 분석 연구	강무홍

05	우리나라 기업의 일대일로 물류분야 협력방안 연구	김형근
06	북한 동해 해양관광 활성화 방안	윤인주
07	해양수산 분야 북극권 4차 산업기술 수요조사 및 분석연구	김민수
08	경상북도 논 생태양식 육성 방안	이상철
09	남북관계 변화에 따른 해운협력 기반 구축 방안	황진희

국내 컨테이너항만의 비용함수 추정과 효율성 연구

인 쇄 | 2018년 12월 29일 인쇄

발 행 | 2018년 12월 31일 발행

발 행 인 | 양 창 호

발 행 처 | 한국해양수산개발원

49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연 락 처 | 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등 록 | 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 | 효민디앤피

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel : 394-0337
정가 15,000원