



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

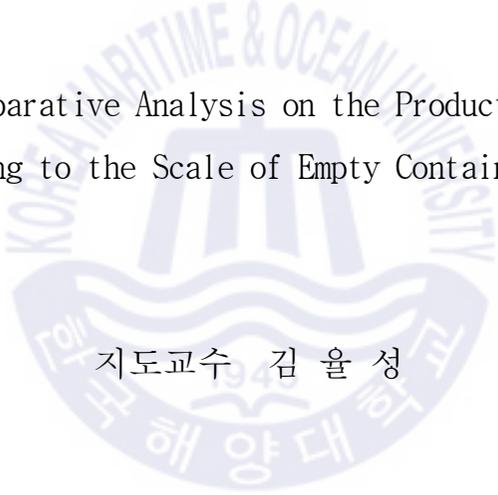
이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

物流學碩士 學位論文

공컨테이너 장치장 규모에 따른
생산성 비교분석

A Comparative Analysis on the Productivity
According to the Scale of Empty Container Yard



지도교수 김 율 성

2020년 2월

한국해양대학교 글로벌물류대학원

해운항만물류학과

장 일 권

本 論文을 장일권의 物類學碩士 學位論文으로 認准함

위원장 : 신 영 란 ㉠

위 원 : 김 환 성 ㉠

위 원 : 김 율 성 ㉠

2020년 1월

한국해양대학교 글로벌물류대학원

목 차

국문 초록	vi
Abstract	viii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경과 목적	1
1.2 연구의 방법 및 구성	2
제 2 장 부산항 신항 컨테이너터미널 현황	5
2.1 부산항 컨테이너터미널의 시설 및 장비 현황	5
2.2 부산항 신항 공컨테이너 현황 및 전망	19
2.3 부산항 신항 야드 생산성에 영향을 미치는 주요 요인	24
제 3 장 선행연구	27
3.1 컨테이너터미널 장치장 관련 연구	27
3.2 컨테이너터미널 공컨테이너 장치장 관련 연구	31
제 4 장 공컨테이너 장치장 규모에 따른 생산성 비교분석	34
4.1 자료수집	34
4.2 터미널별 실태분석	35
4.3 실증분석	43
4.4 소결	52

제 5 장 결 론	54
5.1 연구결과 및 시사점	54
5.2 연구의 한계점 및 향후 연구방향	57
참고문헌	58
부 록	60



표 목차

표 2-1 부산항 신항 터미널의 공컨테이너 비중	12
표 2-2 장치장 생산성 저하요인	25
표 3-1 컨테이너터미널 장치장 관련 연구	29
표 3-2 컨테이너터미널 공컨테이너 장치장 관련 연구	32
표 4-1 PNIT 장치장 현황	36
표 4-2 PNC 장치장 현황	38
표 4-3 HJNC 장치장 현황	40
표 4-4 PHPNT 장치장 현황	41
표 4-5 4개 터미널 공컨테이너 장치장 비율 및 규모	42
표 4-6 PNIT 월평균 운영 실적 및 현황	43
표 4-7 PNC 월평균 운영 실적 및 현황	44
표 4-8 HJNC 월평균 운영 실적 및 현황	44
표 4-9 PHPNT 월평균 운영 실적 및 현황	45
표 4-10 터미널별 공컨테이너 처리실적 비교(2018.1~2019.9)	46
표 4-11 2018년 터미널 하역 현황	48
표 4-12 2019년 터미널 하역 현황(1월~9월)	48
표 4-13 터미널 하역 생산성 비교	51

그림 목차

그림 1-1 연구의 흐름	4
그림 2-1 컨테이너터미널 기본 운영 프로세스	5
그림 2-2 안벽 전경	7
그림 2-3 에이프런 전경	8
그림 2-4 컨테이너 장치장의 구성	9
그림 2-5 컨테이너 장치장 전후 운영 프로세스	10
그림 2-6 컨테이너 조작장 전경	11
그림 2-7 야드 트랙터(좌) 및 야드 트랙터 새시(우)	12
그림 2-8 냉동 및 냉장 장치장 전경	13
그림 2-9 게이트 전경	14
그림 2-10 컨테이너 반출입 업무 프로세스	15
그림 2-11 안벽 크레인	16
그림 2-12 야드 크레인	17
그림 2-13 야드 트랙터(좌) 및 야드 트랙터 새시(우)	17
그림 2-14 리치스태커(좌) 및 공컨테이너 핸들러(우)	18
그림 2-15 글로벌 컨테이너 물동량 추이	19
그림 2-16 부산항 컨테이너 연도별 물동량 현황 및 예측	20
그림 2-17 글로벌 공컨테이너 비중 변화	21
그림 2-18 P터미널 공컨테이너 전용 공컨테이너 장치장 전경	22
그림 2-19 터미널 내 Emergency Block 전경	23
그림 4-1 부산항 신항 터미널 5개사(社)	34
그림 4-2 PNIT 야드 단면도	35
그림 4-3 PNC 야드 단면도	37
그림 4-4 HJNC 야드 단면도	39

그림 4-5 PHPNT 야드 단면도 41

그림 4-6 터미널별 공컨테이너 처리실적 비교(2018.1~2019.9) 47

그림 5-1 옹동CY 내 HPNT 공컨테이너 장치장 55



공컨테이너 장치장 규모에 따른 생산성 비교분석

장 일 권

한국해양대학교 글로벌물류대학원
해운항만물류학과

초록

부산항은 북항과 신항 양항 체제에서 신항으로의 물동량 전이가 가속화됨에 따라 야드장치율이 급속히 증가하는 상황이다. 야드장치율의 증가는 장비의 재조작률(Re-handling)과 반출입 시간 증가와 같은 터미널의 비생산성을 초래하고 있다. 특히 부산항 신항 터미널 운영사 중에서 남컨 터미널 운영사의 경우 북컨 터미널 운영사와 비교해 볼 때 높은 야드장치율과 낮은 터미널 생산성을 보이고 있다. Off-Dock에서 On-Dock으로 전환됨에 따라 야드공간이 협소해졌으며, 이는 터미널 운영 효율성을 떨어뜨려 결국 생산성을 저하하고 있다.

최근에는 야드 공간 내에 공컨테이너(Empty Container)를 위한 공컨테이너 장치장을 별도로 설치하여 생산성 향상을 꾀하는 터미널이 늘어나고 있다. 컨테이너터미널 장치장에서의 운영계획(Planning) 및 장치장 할당 방식을 변경하기 위함이다. 그럼에도 실제 공컨테이너 장치장의 유무에 따라 터미널

생산성에 어떠한 차이가 있는지 분석한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 최근의 추세 및 항만 운영 전체를 고려한 컨테이너터미널의 생산성 측정과 공컨테이너 장치장 설치에 따른 생산성 변화를 측정하는 방안을 마련할 필요가 있다.

결과적으로 터미널 내 공컨테이너 장치장 규모가 작을수록 면적당 처리량이 높아 장치장 작업이 혼잡한 것으로 나타났다. 또한, 공컨테이너 장치장 규모가 작은 터미널이 생산성이 현저히 낮고 하역대기시간이 긴 것으로 분석되었다. 이를 통해 이는 공컨테이너 장치장 운영이 터미널 내 공컨테이너 작업 효율성과 생산성 향상에 기여한다는 것을 확인하였다.

KEY WORDS: 공컨테이너 장치장; 터미널 생산성; 효율성; 야드 장치율



A Comparative Analysis on the Productivity According to the Scale of Empty Container Yard

Jang, Il-Kwon

*Department of Shipping and Port Logistics
Graduate School of Global Logistics
Korea Maritime and Ocean University*

Abstract

The situation of container stacking ratio in Busan Port is rapidly increasing from acceleration to transfer the containers from the North port to New Port. The increase of yard stacking ratio makes unproductivity to a container terminal with unnecessary container re-handlings and gate in and out times. Especially, among the operators in Busan New Port, the southern terminal operators are showing the higher yard stacking ratio and the less productivity comparing with those of the northern terminal operators. Transferring from Off-Dock to On-Dock, the container stacking area has been being narrow, and it came to make less productivity with low terminal operation effectiveness.

Recently, there are the container terminals who are trying to make the

higher productivity with newly building the areas for empty container stacking in their container yard. This is for changing the operation plan and allocation method of in container stacking area in container terminal. Nevertheless, the studies about when if a container terminal had the stacking area for empty container or when they did not have are hard to find. Therefore, it is necessary to come up with way to measure the productivity of container terminals and changes in productivity resulting from the installation of empty container yard, considering the latest trend and overall terminal operation.

As a result, the smaller the size of the empty container yard in the terminal, the more container per area is processed, and it induces a working congestion in terminal. In addition, it was analyzed that terminals with small empty container yard were significantly less productive and had longer waiting time for loading. So, it has been confirmed that the operation of the empty container yard contributes to improving the efficiency and productivity of the container operation in the terminal.

KEY WORDS: Empty Container Yard; Container Terminal Productivity; Efficiency; Yard Stacking Ratio

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

컨테이너터미널은 기술의 발전, 물동량의 지속적인 증가, 급격한 시장 환경변화, 운영관리 조직의 변화, 선박의 대형화·고속화 등 대내외 요인들에 대응하여 항만을 대형화 및 허브화하는 등 터미널 경쟁력 확보에 집중하고 있다. 부산항의 경우 북항과 신항 양항 체제에서 신항으로 물동량을 집중하는 단일화를 추진함에 따라 터미널 내 야드장치율이 급격히 증가하고 있으며, 그중 남컨 터미널 운영사가 북컨 터미널 운영사보다 높은 야드장치율과 낮은 터미널 생산성을 보이고 있다. 이러한 야드장치율의 증가는 장비의 재조작률(Re-handling)과 반출입 시간 증가와 같은 터미널의 비생산성을 초래하고 있다. 또한, 터미널 외부에 위치하던 ODCY(Off-Dock Container Yard) 대부분이 터미널 내 On-Dock으로 옮겨짐에 따라 터미널 야드 공간 혼잡해지고 협소해지고 있으며, 이는 터미널 운영 효율성을 떨어뜨려 결국 생산성을 저하하는 원인이 된다. 나아가 향후 이런 현상이 지속될 경우 항만의 환경변화에 따른 근로자의 감소, 근로자 공급의 질적 저하, 운송 파업 등을 유발하여 장차 부산항의 경쟁력을 떨어뜨리는 원인이 될 전망이다.

기본적으로 컨테이너터미널 생산성의 경우 안벽, 이송, 야드 하역 장비의 효율성, 터미널의 주요 시설 및 배치 형태 등 터미널 구성요소에 따라 달라진다. 그리고 컨테이너터미널 생산성은 크게 안벽에서의 생산성과 야드에서의 생산성 2가지로 나누어 볼 수 있다. 우선 안벽에서의 생산성 향상은 기술의 발전에 따라 높은 사양의 안벽 장비 설치를 통해 비교적 쉽게 이룰 수 있는 반면, 야드에서는 안벽과는 달리 여러 요소가 복합적으로 작용하므로 장비 성능 향상만으로는 생산성 개선을 보장할 수 없다. 이는 터미널의 중간 연계점인 야드(장치장)의 운영 방식은 컨테이너터미널 전체 생산성에 영향을 미치기 때문에 고려해야 할 요소가 많기 때문이다. 또한, 야드에서는 안벽과는 달리 터미널 내부 이송 트럭의 생산성, 야드 장비의 생산성, 외부 이송 트레일러의 정시성, 야드

의 배치와 동선의 효율성 등 다양한 복합적 요인을 고려해야 한다(최상희, 2006). 따라서 컨테이너터미널의 중심 역할을 담당하는 야드를 효율적이고 효과적으로 운영하는 것이 컨테이너터미널 전체 생산성 향상을 위해 무엇보다 중요하다.

현재 국내 대부분 컨테이너터미널에서는 야드에서의 병목현상을 경험하고 있으며, 해결방안을 찾기 위해 다방면으로 노력하고 있다. 최근에는 야드 공간 내에 공컨테이너(Empty Container)를 위한 공컨테이너 장치장을 별도로 설치하여 생산성 향상을 꾀하는 터미널이 늘어나고 있다. 이는 하역작업 시간을 단축하여 항만을 오가는 선박과 트럭의 정시성을 확보하기 위해 컨테이너터미널 장치장에서의 운영계획(Planning) 및 장치장 할당 방식을 변경하기 위함이다. 그러나 실제 공컨테이너 장치장의 유무에 따라 터미널 생산성에 어떠한 차이가 있는지 분석한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 최근의 추세 및 항만 운영 전체를 고려한 컨테이너터미널의 생산성 측정과 공컨테이너 장치장 설치에 따른 생산성 변화를 측정하는 방안을 마련할 필요가 있다.

본 연구는 컨테이너터미널의 기존 장치장 운영방식을 설명하고, 공컨테이너 장치장 규모에 따라 생산성에 어떠한 차이가 발생하는지 비교·평가하는 것을 목적으로 한다. 또한, 터미널 생산성 측정에는 터미널 면적, 컨테이너 및 공컨테이너 장치장 면적, 장비 대수, 인원, 처리물동량 등을 통해 분석하고자 한다. 이를 통해 공컨테이너 장치장의 설치가 컨테이너터미널 생산성에 미치는 영향을 입증하고 이에 따른 시사점을 마련하려 한다.

1.2 연구의 방법 및 구성

컨테이너터미널의 생산성은 운영사 수익과 직접적인 연관이 있으며, 선사들에게도 선박의 입출항 시간을 줄일 수 있는 중요한 요소이다. 이로 인해 컨테이너터미널의 효율적인 운영을 위한 장치장 계획과 재취급을 고려한 장치장의 공간할당 문제를 다룬 논문은 많이 접할 수 있다. 하지만 공컨테이너 장치를 위한 별도의 공간 활용이나 이로 인한 생산성, 효율성에 관해선 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 공컨테이너 전용 장치장인 공컨테이너 장치장

을 대상으로 생산성 및 효율성 향상 효과에 관한 연구를 수행하였다.

우선 공컨테이너 장치장 설치가 터미널 생산성에 어떠한 효과가 있는지 객관적으로 밝히기 위해 부산항 신항 터미널 4개 운영사의 터미널 운영자료를 수집하여 공컨테이너 장치장 유무에 따른 야드장치율, 제조작률, 반·출입 시간, 장비 생산성 등을 비교분석 하였다. 또한, 공컨테이너 장치장 변경 및 터미널 외부 장치장 활용에 따른 생산성, 추가비용, 장비 등의 활용방안을 검토하였다. 이를 통해 본 연구의 결과가 향후 2-4, 2-5단계 신규 컨테이너터미널 조성과 운영에 기여할 것으로 기대된다.

본 논문은 총 5개 부분으로 구성되었다. 제1장에서는 본 연구의 배경과 목적을 설명하였다. 제2장에서는 부산항 신항의 컨테이너터미널 시설 및 장비 현황 현황과 공컨테이너 관련 현황 및 전망을 정리하였다. 이를 통해 부산항 신항 야드 생산성에 영향을 미치는 주요 요인을 도출하였다. 제3장에서는 컨테이너 터미널의 일반 장치장과 공컨테이너 장치장에 관한 문헌연구들을 살펴보았다. 제4장은 실증분석으로 공컨테이너 장치장 규모에 따른 생산성을 비교하였으며, 이를 통해 공컨테이너 장치장의 설치가 터미널 생산성 및 작업 효율성 향상에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 마지막으로 제5장에서는 본 연구의 결과를 종합하여 요약하고, 그 결과에 따른 시사점을 정리하였다. 나아가 연구의 한계점과 향후 연구방향에 대해서도 함께 기술하였다.

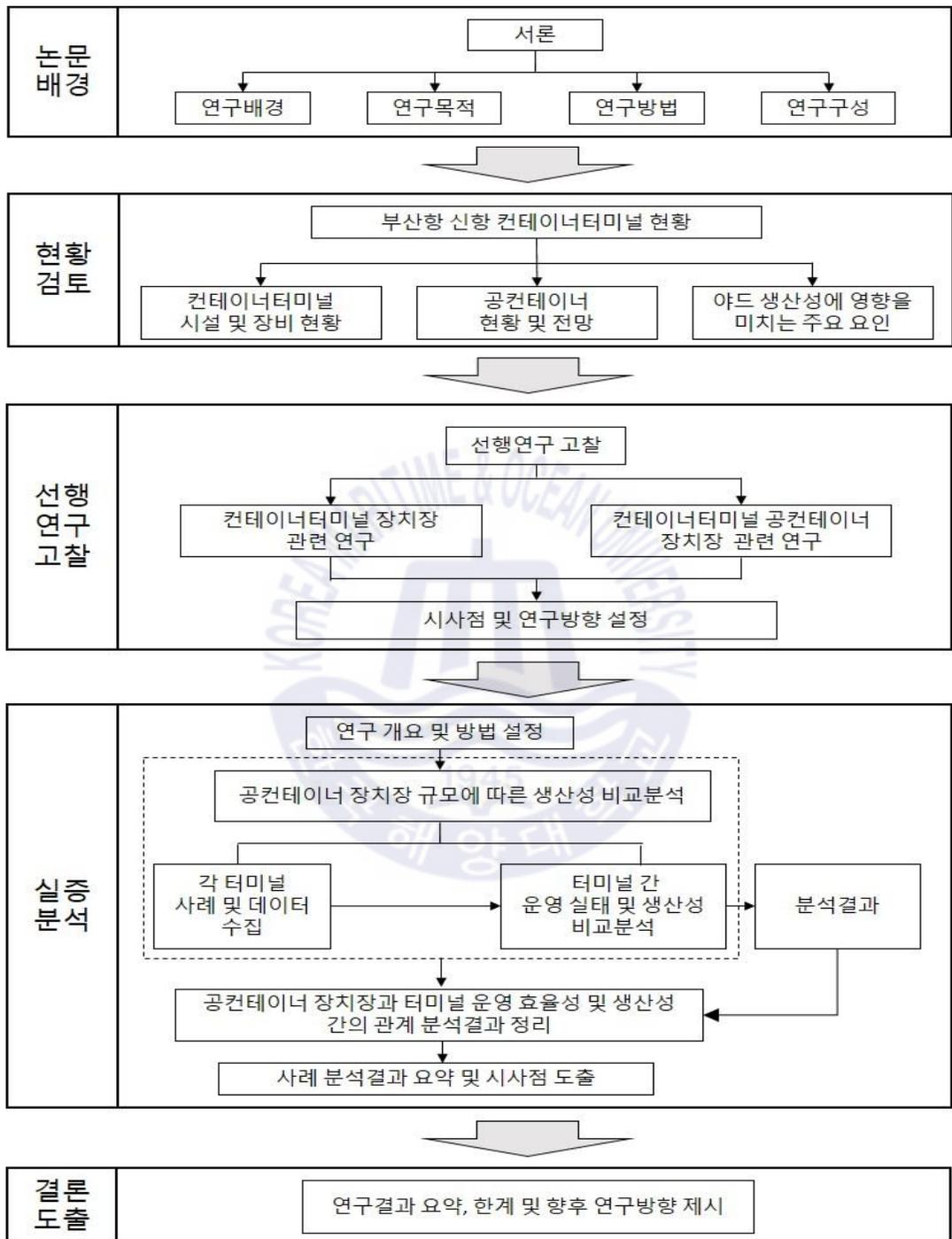


그림 1-1 연구의 흐름

제 2 장 부산항 신항 컨테이너터미널 현황

2.1 부산항 컨테이너터미널의 시설 및 장비 현황

컨테이너터미널은 컨테이너가 해상 및 육상운송으로 전환되기 전 단계의 장소이며, 컨테이너의 양·적하 및 장치, 공컨테이너의 수리 및 세척, 게이트 등을 통한 터미널 외부로의 운송이 이루어지는 장소이다. 구체적으로 설명하면, 컨테이너터미널은 해상과 육상 간의 운송, 또는 해상운송 간을 연결하는 접점으로써 컨테이너를 신속하고 효율적으로 양·적하하거나 트럭과 기차, 또는 선박 사이의 연계운송 컨테이너의 보관과 장치업무를 수행하는 장소가 된다. 따라서 대량화물을 신속하고 효율적으로 처리할 수 있도록 터미널 자체에 본선작업, 구내 이적, 장치 및 보관, 게이트 반·출입 정보 및 터미널 내에서 유기적으로 운용되는 종합시스템 체계를 갖추고 있다. 이를 통해 컨테이너터미널의 이용자와 운영자 모두에게 원활한 화물 유통, 비용 절감, 신속하고 안전한 양질의 서비스 등을 제공하고 있다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-1 컨테이너터미널 기본 운영 프로세스

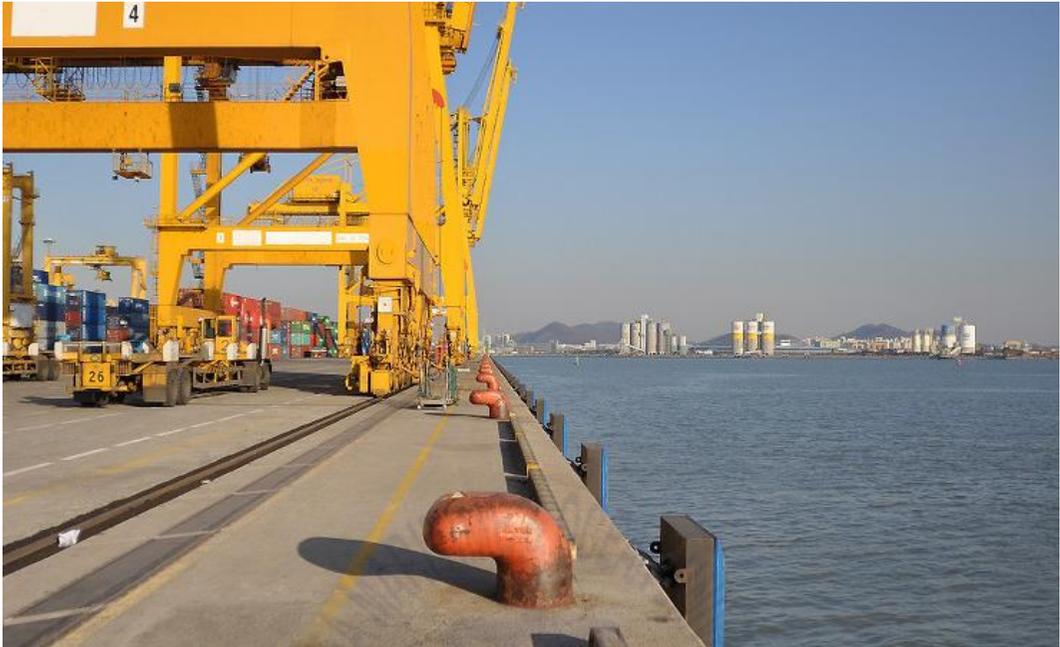
인프라 측면에서 봤을 때, 컨테이너 전용 터미널의 필수 요소는 크게 시설 부분과 장비 부분으로 나눌 수 있다. 우선 컨테이너터미널 시설의 경우 컨테이너 선박의 안전한 항해와 접안, 계류를 위한 것이며, 대표적으로 안벽(Berth),

에이프런(Apron), 컨테이너 장치장(CY), 컨테이너 조작장(CFS), 게이트(Gate) 등이 있다. 다음으로 컨테이너터미널 장비는 터미널의 핵심 취급품인 컨테이너를 하역, 이송, 보관하기 위한 각종 장비를 의미하며, 대표적으로 안벽 크레인(Q/C), 야드 크레인(Yard Crane), 야드 트랙터(Yard Tractor), 공컨테이너 핸들러(E/H), 리치스태커(R/S) 등이 있다. 컨테이너터미널은 이러한 인프라적 요소 외에 안정적이고 신속한 작업을 위한 운영시스템과 다양한 컨테이너 운송체계가 확보되어야 하며, 많은 컨테이너를 수용할 수 있는 충분한 면적의 야드 장치장과 컨테이너 부대시설이 요구된다.

2.1.1 컨테이너터미널 시설 현황

가. 안벽(Berth)

안벽은 컨테이너 선박과 컨테이너터미널 사이에 위치하여 양하 및 적하 작업이 이루어지는 장소이자 컨테이너터미널 해측(海側) 경계에 위치하여 선박이 안전하게 접안할 수 있도록 하는 시설이다. 일반적인 크기의 선박 한 척을 직접 계선시키는 공간을 선석(船席)으로 구분하여 따로 지칭하기도 한다. 안벽은 터미널의 가장 중요한 시설 중 하나이며 해상과 육상을 연결하는 첫 번째 공간이자 접점이 된다. 또한, 선박 접안 시 충돌로 인한 터미널과 선박의 파손을 막기 위해 충격 방지 방충체가 설치되어 있다. 일반적인 컨테이너터미널 안벽의 길이는 선석당 약 250m~350m 정도로 알려져 있으나, 최근 컨테이너 선박의 대형화로 인하여 신설 항만의 경우 약 400m까지를 한 선석으로 지칭하기도 한다(윤동하, 2013). 안벽의 수심은 약 12~16m가 일반적이지만, 최근 선박 대형화 추세에 따라 16m 이상의 수심을 갖춘 컨테이너터미널도 지속적으로 증가하고 있다.



자료: 인천항만공사(2014)

그림 2-2 안벽 전경

나. 에이프런(Apron)

에이프런은 안벽을 따라 포장된 약 30~50m 규모의 육측(陸側) 및 육지(陸地) 공간을 말하며 선적, 양하 등의 하역작업을 위한 안벽 크레인이 설치되는 공간이다. 에이프런에 설치되는 안벽 크레인의 무게는 약 1,200~1,300톤으로 매우 무거운 대형 중장비에 속한다. 또한, 선박 내부에 컨테이너를 선적하기 위해 컨테이너 선박의 해치 커버(Hatch Cover)를 개방한 후 에이프런에 임시로 장치하기도 한다. 따라서 에이프런은 고중량을 견딜 수 있도록 하중 설계가 이루어져야 한다.

에이프런에서 이루어지는 주요 작업은 크게 두 가지이다. 하나는 앞서 언급한 안벽 크레인을 통한 컨테이너 선박의 양·적하 작업이며, 다른 하나는 야드 트랙터(YT, Yard Tractor)나 AGV(Automated Guided Vehicle) 등을 활용하여 선박과 장치장 사이 구간을 연결하는 이송 작업이다.



자료: LAB-T(2014)

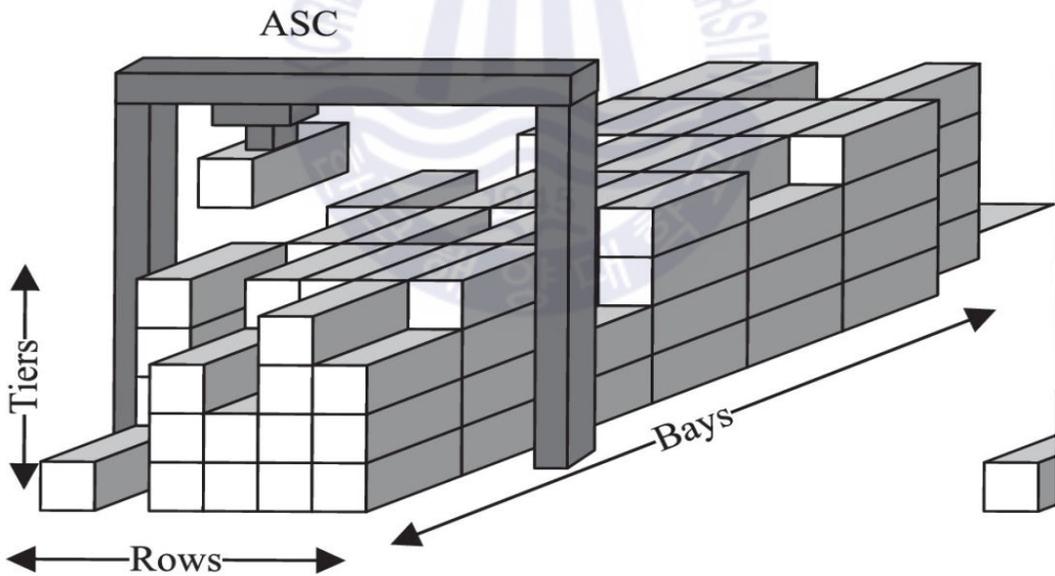
그림 2-3 에이프린 전경

다. 컨테이너 장치장(CY, Container Yard)

컨테이너 장치장인 CY는 에이프린 뒤에 위치하며, 수출입 및 환적을 위해 컨테이너를 적재·보관하는 공간을 말한다. 터미널의 종류와 야드 하역시스템에 따라 5단에서 7단 적재까지 가능하며, 이를 위해 야드 크레인(Yard Crane)을 활용한다. 과거 컨테이너 장치장의 바닥에는 자갈을 까는 것이 기본이었으나, 최근엔 아스팔트 포장이나 콘크리트 패드(Concrete Pad)를 활용하여 중량물 하중에 견딜 수 있도록 설계되고 있다. 컨테이너 장치장은 전체 운영 효율성 및 생산성을 고려하여 형태나 운영방식이 결정되며, 국내 터미널의 경우 On-Dock 서비스를 제공함에 따라 공컨테이너 관리를 위한 별도의 전용 장치장(Empty Block)을 운영하기도 한다. 또한, 필요에 따라 위험물, 냉동 및 냉장, 규격 외 컨테이너 등의 취급을 위한 별도의 특별 장치장을 운영하기도 한다.

컨테이너 장치장은 크게 장치장을 기본 단위인 블록(Block)과 야드 크레인의 측면 방향인 베이(Bay), 야드 크레인의 이동 방향인 로우(Row), 그리고 적재 단

수를 나타내는 티어(Tier)가 있다. 우선 블록(Block)은 장치장을 구성하는 가장 큰 단위로서 크레인이 작업 구역으로 주행하거나 정지하여 작업을 수행한다. 베이(Bay)는 블록 혹은 야드 크레인의 측면에서 보는 것이며, 베이 번호 할당 규칙은 선박의 베이 번호 할당 방식과 같다. 또한, 적재되는 컨테이너가 20ft인지, 또는 40ft인지에 따라 베이 번호는 다르게 지정된다. 신항 1부두(PNIT)을 기준으로 살펴보면, 최대 104번 Bay까지 존재하고 있다. 로우(Row)는 장치장 크레인의 종방향에서 바라보는 것이며, 다시 말해 컨테이너 크레인의 횡방향으로 장치할 수 있음을 의미한다. 마지막으로 티어(Tier)는 장치장 내에서 컨테이너를 얼마나 높이 적재할 수 있는가를 나타내는 것으로서 표준 컨테이너(Standard Container) 기준 6단, 40ft 하이큐빅 컨테이너(High Cube Container) 기준 5단까지 적재하는 것이 일반적이다. 티어의 경우 터미널별 장비 능력 및 운영 계획에 따라 달라질 수 있다.



자료: Gharehgozli & Zaerpour(2018)

그림 2-4 컨테이너 장치장의 구성

장치장 공간할당은 장치장의 저장 공간을 어떤 단위로 할당할 것인가를 의미하며 장치장의 전반적인 운영에 영향을 준다. 예를 들어 베이 단위 할당 방식

의 경우 블록 내 하나의 베이에 같은 종류의 그룹만을 장치하게 되며, 이를 통해 컨테이너 재취급(Re-handling) 횟수가 감소하는 효과가 있다. 그 외에도 반입 물량과 반출 물량을 구분하여 저장하는 방식, 풀컨테이너(Full Container)와 공컨테이너(Empty Container)를 구분하여 저장하는 방식 등 목적 및 효과에 따라 다양한 방식이 활용될 수 있다.

이렇듯 선박 혹은 게이트를 통해 반입된 컨테이너를 어떻게 장치하는지에 따라 컨테이너 장치장의 활용도, 생산성, 작업 효율성 등이 결정된다. 따라서 컨테이너 장치장의 세부 구성 및 운영방식 결정은 터미널 운영사에게 매우 중요한 사항이다. 부산항 신항 1부두(PNIT) 장치장의 경우, 1A-1G, 2A-2G, 3A-3G 등 총 21개 블록으로 구성되어 있다. 그리고 1H, 1I, 2H, 2I, 3H, 3I 등 6개의 공컨테이너 전용 공간(Empty Block)을 운영하고 있다. 각 공컨테이너 블록의 베이는 장치장마다 다소 차이가 존재하지만, 평균적으로 98번 베이까지 적재되고 있으며, 로우는 9번, 티어는 최대 6단까지 적재되고 있다. 컨테이너 장치장과 관련하여 블록, 베이, 로우, 티어 등의 장치장 구성이 중요한 이유는 본 연구에서 다룬 공컨테이너 장치장 규모에 따른 장치 능력과 매우 밀접한 관계가 있기 때문이다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-5 컨테이너 장치장 전후 운영 프로세스

라. 컨테이너 조작장(CFS, Container Freight Station)

컨테이너 조작장(CFS)은 LCL(Less than Container Load) 화물과 같이 소량·소형 화물을 FCL(Full Container Load) 화물로 만들기 위한 혼재(Consolidation) 작업이 이루어지는 공간이다. 컨테이너 조작장에서는 화물 수출입을 위해 공컨테이너에 적입(Vanning or Stuffing)하거나, 반대로 풀컨테이너에서 화물을 적출(Devanning or Destuffing)하는 작업이 이루어진다. 이를 통해 컨테이너의 빈 공간을 최소화하여 전반적인 비용 절감 및 운송 효율성 향상을 기대할 수 있으며, 수출입 불균형으로 발행하는 공컨테이너의 활용성을 높이는 효과가 있다. 컨테이너 조작장은 과거 컨테이너터미널 내부에 위치하는 것이 일반적이었으나 최근 들어 항만에 인접한 배후단지가 늘어남에 따라 항만 외부 배후단지에서 그 역할을 대신하고 있다.



자료: 최성훈(2016)

그림 2-6 컨테이너 조작장 전경

마. 컨테이너 수리장(Container Repair Shop)

컨테이너 수리장은 컨테이너의 수리, 세척 등을 하는 장소로써 국내 터미널의 경우, 대부분 터미널에서 On-Dock 서비스를 제공하기 때문에 선사별로 계약한 수리업체가 터미널 내부의 일부 공간을 임대하여 운영하고 있다. 컨테이너 수리장에서는 컨테이너의 사용중 또는 노후화로 인해 발생할 수 있는 결함 및 손상들을 국제규격(ISO, International Standard Organization), 또는 임대사와 선사 간의 협약(IICL, Institute of International Container Lessors)에 따라 수리하고 보수하는 작업이 주로 이루어진다. 이를 통해 항만에서 사용되는 컨테이너의 안전(CSC, Safe Containers) 및 수명 연장을 가능하게 한다.



컨테이너 수리장(Container Repair Shop)

자료: (주)대호씨티에스, http://daehocts.com/sub/sub03_02.php.

그림 2-7 야드 트랙터(좌) 및 야드 트랙터 새시(우)

바. 냉동 및 냉장 장치장(Reefer Container Yard)

냉동 및 냉장 장치장의 경우, 일반 화물이 아닌 신선식품 등 냉동·냉장 화물을 적재한 컨테이너를 보관 및 관리하는 전용 장치장을 의미한다. 냉동 및 냉장 장치장이 일반 컨테이너 장치장과 명확히 구분되는 점은 전력 공급 시설의 유무(有無)이다. 냉동 및 냉장 컨테이너를 의미하는 리퍼 컨테이너(Reefer Container)의 경우, 전기를 통해 온도조절이 이루어짐으로 전원 케이블을 연결하여 전력을 공급하기 위한 시설이 필수적이다. 따라서 터미널에서는 냉동 및 냉장 장치장에 대한 모니터링 인원이 별도로 상주하며, 적절한 온도로 유지되는지를 일정한 시간마다 모니터링하여 화물의 상태 및 안전을 확인한다.



자료: 삼일인터리어, <http://bitly.kr/R92uizk>.

그림 2-8 냉동 및 냉장 장치장 전경

사. 게이트(Gate)

게이트는 컨테이너가 터미널에 반출입되는 통로를 의미한다. 게이트의 주요 기능으로는 컨테이너 장치 정보의 수집, 컨테이너의 손상 여부 확인, 씰 넘버(Seal Number) 확인, 컨테이너 크기·타입 등 이상 유무 확인 등이 있다. 외부 차량이 게이트를 통과할 때 차량을 인식하는 방법은 바코드(Barcode) 방식, 영상인식 방식(OCR, Optical Character Recognition), 그리고 RFID(Radio-Frequency Identification) 방식 등이 있다(윤동하, 2013). 최근에는 영상인식 방식과 RFID 방식을 동시에 사용하여 에러율(Error Rate)이 현저히 낮아진 상태이다.



자료: 오병근(2016)

그림 2-9 게이트 전경

게이트 반·출입 절차를 살펴보면, 컨테이너 반입의 경우 운송사로부터 사전 반입 정보를 수신한 뒤 운송 차량의 차량 ID를 인식하고 사전반입 정보상의 내용을 기준으로 야드 장치장을 배정한다. 그리고 정보가 기재된 슬립(SLIP) 용지가 차량운송 기사에게 발급되며, 이에 따라 트럭은 정해진 위치로 이동한다. 이후 야드 장비를 통해 대기하던 트럭의 컨테이너가 하역되어 배정된 장치장에 보관된다. 그리고 컨테이너터미널에서의 반출 작업의 경우, 운송사로부터 사전 반출 정보를 수신하는 것에서 시작된다. 이어 게이트에서 운송 차량의 차량 ID가 인식되면 반출할 컨테이너의 장치 위치가 슬립 용지로 발급된다. 반입과 마찬가지로 발급된 슬립 용지에 기록된 위치에서 트럭이 기다리면 야드 장비가 운송 차량에 컨테이너를 상차한다. 마지막으로 운송기사는 슬립 용지에 표기된 컨테이너 번호(Container No.)와 실제 컨테이너 번호의 일치 여부를 확인한 뒤 게이트를 통해 컨테이너를 반출하게 된다.

④ COPINO 전송 : 협력 운송사에서 반입컨테이너의 COPINO정보를 당사에 전송함



② GATE IN : 외부차량이 GATE에 도착하여 차량 ID카드를 인식기에 읽히면 COPINO정보와 맞추어 차량 번호와 컨테이너 번호를 자동 인식하여 작업 할 장치장의 위치가 표시된 인수도증이 발행 됨



③ RFID : RFID (Radio Frequency Identification) : 전자 칩 혹은 전자 태그로 불리며 장착한 차량의 이동 경로를 알 수 있는 장치이며 블록 진입 확인이나 bay 도착 확인, GATE in/out 현황을 알 수 있음

자료: P터미널 내부자료

그림 2-10 컨테이너 반출입 업무 프로세스

2.1.2 컨테이너터미널 장비 현황

가. 안벽 크레인(Quay Crane)

안벽 크레인은 컨테이너 양·적하를 위하여 에이프런에 설치된 레일 위를 주행하는 크레인이다. 안벽 크레인은 국가별 또는 저자에 따라 Q/C(Quay Crane), G/C(Gantry Crane), C/C(Container Crane) 등으로 혼용하여 명칭하고 있다(하태영, 신재영, 2007). 이러한 크레인은 선박에서 컨테이너를 양하하여 이송 차량에 상차시키기 위한 작업이나, 이송 장비로 에이프런까지 운송된 컨테이너를 선박에 적하하는 작업을 수행한다. 최근 선박의 대형화에 따라 크레인의 사양도 함께 대형화되어 아웃리치(Out-reach)는 24열까지 작업이 가능해졌다. 또한, 장비의 작업 속도와 관련된 호이스트(Hoist) 및 트롤리(Trolley)의 성능도 향상되고 있다. 갠트리(Gantry) 타입 크레인으로 간혹 스프레더(Spreader) 대신 리프팅빔(Lifting Beam)을 사용하여 일반화물을 취급하기도 하며, 능력표시방법은 권

상하중(Hoisting Load)으로 표시한다. 안벽 크레인은 터미널 전체의 생산성과 밀접한 관련이 있어 100억이 넘는 고가의 장비임에도 터미널에서는 추가적인 구매가 이루어지는 실정이다. 터미널의 생산성을 평가하는 가장 대표적인 척도가 되는 안벽 크레인의 시간당 처리개수는 터미널당 29~31개가 일반적이다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-11 안벽 크레인

나. 야드 크레인(Yard Crane)

야드 크레인은 트랜스퍼 크레인(T/C, Transfer Crane)이라고 불리기도 하며, 크게 레일 위에 고정되어 움직이는 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)와 고무 바퀴를 통해 야드를 자유롭게 움직이는 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)로 구분할 수 있다. 주로 선박에서 양하되어 야드 트랙터(YT) 통해 이송된 컨테이너를 야드에 장치하거나 반대로 선박에 적하할 컨테이너를 야드에서 적출하여 야드 트랙터(YT)에 상차하는 작업을 진행한다. 또한, 터미널 외부로의 반출입을 위해 트럭 등 외부 차량에 컨테이너를 상하차하는 작업, 야드 블록 내 재작업이나 필요한 경우 블록 간 이적 작업이 이루어진다. 최근에 개장하는 터미널의 경우, 생산성 향상과 배출가스 저감을 위해 디젤로 작동하는 RTGC보다는 전기 동력 기반의 RMGC를 채택하여 사용하고 있다. 또한, 대다수의 글로벌 터미널에서는 자동화 및 스마트화의 일환으로 원격조정이 가능한 무인자동야드크레인

(ASC, Automated Stacking Crane)의 한 종류인 ARMGC(Automated Rail Mounted Gantry Crane)로 전환하는 추세이다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-12 야드 크레인

다. 야드 트랙터(Yard Tractor)

야드 트랙터는 컨테이너터미널에서 양·적하 작업과 구내 이적 작업 시 컨테이너를 운반하는 이송 장비로써 일반적으로 YT로 불리고 있다. 터미널 내 선박 작업은 양·적하 작업, 야드장치 간 거리, 안벽 장비의 고장 등 다양한 변수들이 존재한다(윤동하 2013). 따라서 야드 트랙터를 효율적으로 배분하여 컨테이너 취급 작업을 지원하는 것은 생산성 향상에 매우 중요한 요소이다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-13 야드 트랙터(좌) 및 야드 트랙터 샴시(우)

라. 기타

컨테이너터미널에서 사용하는 기타 장비로는 공컨테이너를 전용으로 작업하는 공컨테이너 핸들러(E/H, Empty Container Handler)와 다양한 종류의 컨테이너 작업이 가능한 리치스태커(R/S, Reach Stacker)가 있다. 공컨테이너 핸들러의 경우, 공컨테이너 운반용으로 주로 사용되며 컨테이너의 적재 및 위치이동, 교체 등에 사용되는 산업운반용 장비이다. 공컨테이너 핸들러의 능력표시방법은 취급 가능한 하중으로 표시하는데, 일반적인 공컨테이너 작업 시 최대 8단까지 적재할 수 있고 최근에는 공컨테이너 2개를 한꺼번에 이동 가능한 더블 핸들러(Double Handler)까지 도입되고 있다. 리치스태커는 화물이 적입된 중량물 컨테이너용으로 주로 사용되나 공컨테이너를 대상으로도 활용될 수 있는 장비이다. 또한, 공컨테이너 핸들러와 마찬가지로 컨테이너의 적재 및 위치 이동, 교체 등에 사용된다. 공컨테이너 핸들러와 리치스태커는 본 연구에서 다루는 공컨테이너 장치장의 생산성과 효율성 향상에도 크게 기여하는 필수적인 장비이다.



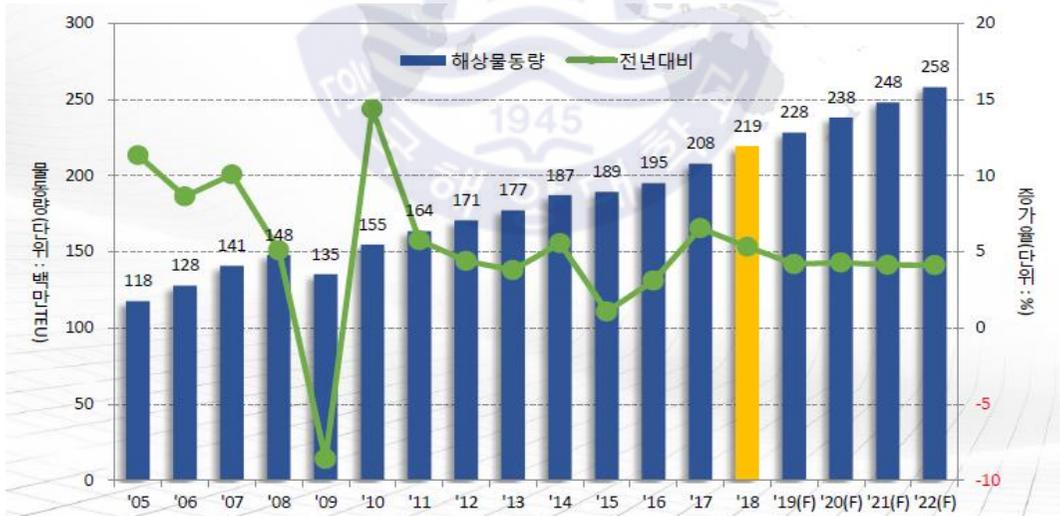
자료: P터미널 내부자료

그림 2-14 리치스태커(좌) 및 공컨테이너 핸들러(우)

2.2 부산항 신항 공컨테이너 현황 및 전망

2.2.1 컨테이너 물동량 현황

글로벌 해상물동량은 세계 금융위기의 여파로 2008년 약 1억 5천만 TEU에서 2009년 약 1억 4천만 TEU로 감소한 이후 현재까지 매년 약 5% 정도씩 지속적으로 증가하고 있다. 또한, 해양수산개발원의 연구에 따르면 2019년 글로벌 컨테이너 해상물동량은 전년 대비 4.0% 증가할 것으로 전망하고 있다. 반면, 글로벌 무역액의 경우, 2010년(약 30.5조 달러)에서 2014년(약 37.8조 달러)까지 지속적으로 증가하였으나 2016년(약 32.0조 달러)까지는 다시 감소, 그리고 이후 2018년(약 39.1조 달러)까지 급증하는 등 증감 변동이 심한 것으로 나타났다¹⁾. 결과적으로 해상운송되는 컨테이너 물동량은 글로벌 경기 흐름과 달리 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 따라 컨테이너터미널은 증가하는 물량을 효율적으로 처리하기 위한 충분한 시설과 운영 효율성 개선이 요구된다.



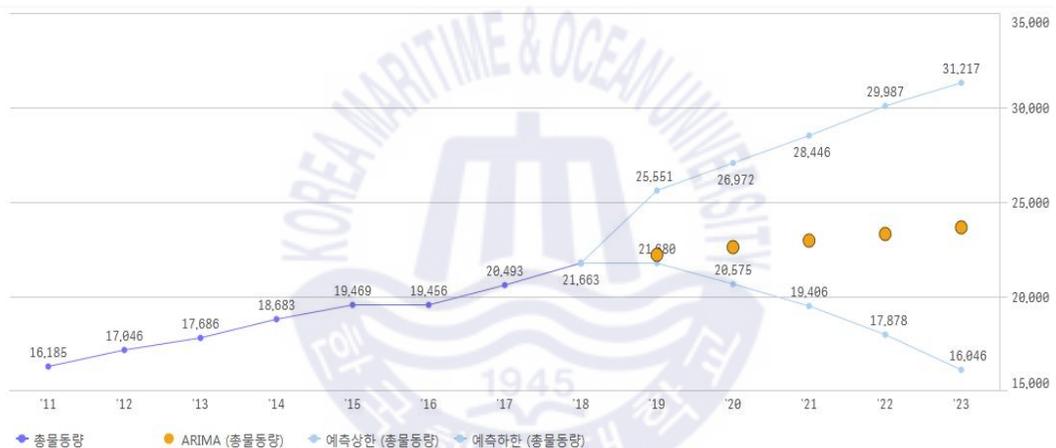
자료: Drewry 자료 참고하여 KMI 제작성(2019)

그림 2-15 글로벌 컨테이너 물동량 추이

1) K-stat, <http://stat.kita.net/stat/world/trade/CtrImpExpList.screen>

부산항 물동량의 경우, 2008년(약 13,463천 TEU) 시작된 세계 금융위기의 여파로 글로벌 해상물동량과 마찬가지로 한때 급감하였으나, 이후 2018년(약 21,663천 TEU)까지 연평균 4.87%의 꾸준한 성장세를 보이고 있다. 부산항만공사에 따르면, 이러한 증가 추세는 2019년 이후에도 지속될 것으로 전망된다. 특히 부산항 신항의 경우 북항에서 신항으로의 물동량 전이가 가속화되고 있으며, 초대형 선박을 운영하는 대형 선사들이 기항하고 있어 지속적인 물동량 상승이 예상된다. 이에 따라 부산항 신항 컨테이너터미널 내 야드장치율은 지속적으로 증가할 전망이다.

(단위: 천TEU)



자료: 부산항만공사

그림 2-16 부산항 컨테이너 연도별 물동량 현황 및 예측

2.2.2 공컨테이너 물동량 및 장치장 현황

글로벌 해운시장에서의 공컨테이너 비중 변화를 보면, 2005년 약 20.3%에서 2015년 약 24.7%까지 증가하였다. 그러나 2015년부터 2018년까지는 약 24.7% 수준을 유지하고 있으며, 2019년도 비슷한 수준일 것으로 전망되었다(해양수산개발원, 2019). 과거에도 2008년부터 2010년까지 약 22%, 2011년부터 2014년까지 약 24% 수준을 유지하다가 이듬해 큰 폭의 증가가 있었기 때문에 향후 몇 년 안에 큰 폭으로 증가할 것으로 판단된다.

(단위: %)



자료: Drewry 자료 참고하여 KMI 재작성(2019)

그림 2-17 글로벌 공컨테이너 비중 변화

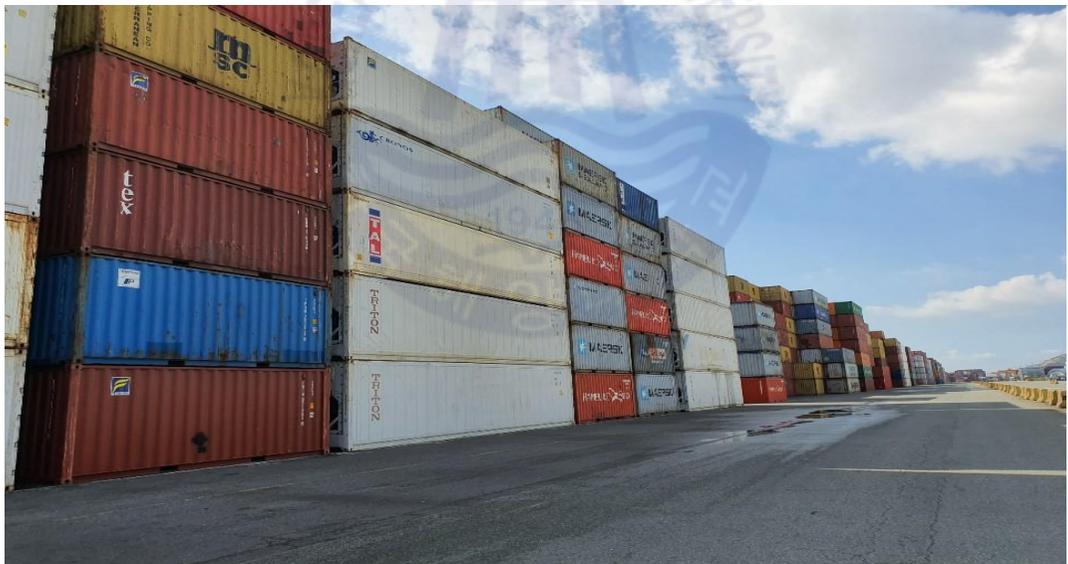
부산항 신항의 공컨테이너 물동량 비중의 경우, 본 연구 대상인 4개 터미널에 대해서 분석하였다. 그 결과 신항 1부두(PNIT)이 약 21.99%로 가장 높고, 다음으로 신항 4부두(PHPNT, 약 18.64%), 신항 3부두(HJNC, 16.50%), 신항 2부두(PNC, 15.27%)의 순이었다. 4개 터미널의 전체 물동량 대비 공컨테이너 물동량 비중은 글로벌 공컨테이너 비중인 약 24.7%(2018년 기준)보다 낮은 것으로 나타났다.

표 2-1 부산항 신항 터미널의 공컨테이너 비중

2018년 1월 ~ 2019년 9월		
터미널명	평균 공컨테이너 비중	글로벌 공컨테이너 비중
신항 1부두 / PNIT	21.99%	24.7%
신항 2부두 / PNC	15.27%	
신항 3부두 / HJNC	16.50%	
신항 4부두 / PHPNT	18.64%	

출처 : 각 터미널 내부자료

공컨테이너 장치장 내 공컨테이너의 배치 계획 결정은 기본적으로 20ft와 40ft 컨테이너로 구분하여 장치하고, 40ft 컨테이너도 표준형(Standard)와 하이 큐빅(High Cube)으로 나누어 장치한다. 이외에도 선사별, 타입별, 사이즈별 등 여러 기준에 따라 구분 장치한다. 공컨테이너 장치장의 경우, 수출입, 환적 등을 위한 풀컨테이너(Full Container)와 구분하여 공컨테이너만을 별도로 장치하는 공간이다. 컨테이너를 선적하는 경우, 컨테이너 장치 방식과 마찬가지로 화물의 무게, 목적지의 물품인수증(POD, Proof of Delivery), 컨테이너 사이즈나 타입별 정보 등을 미리 확인하여 선적한다. 만약 공컨테이너와 풀컨테이너가 한 장치장에 같이 혼재되어 있다면 앞서 언급한 바와 같이 컨테이너의 속성에 따라 선적해야 하기 때문에 재취급 횟수가 늘어나게 된다. 따라서 각 터미널에서는 이런 재취급 횟수를 줄이고 원활한 게이트 반·출입, 그리고 선사를 위한 On-Dock 서비스 제공을 위해 Empty 전용 장치장을 별도로 운영하는 추세이다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-18 P터미널 공컨테이너 전용 공컨테이너 장치장 전경

현재 부산항 신항의 공컨테이너 장치장은 공컨테이너 물동량에 비해 장치 공간이 협소하여 기존의 컨테이너 조작장(CFS) 자리, 에이프런의 빈 공간, 터미널

내 야드 트랙터(YT) 주차장, 심지어는 터미널 외부 주차장까지 공컨테이너를 적재하고 있다. 신항 1부두인 PNIT의 경우 현재 야드 장치장이 협소하여 필요에 따라 Emergency Block이라 불리는 임시 장치장을 운용 중이다. 특히 공컨테이너 양하가 많을 경우는 에이프런까지 공컨테이너를 장치하고 있다.



자료: P터미널 내부자료

그림 2-19 터미널 내 Emergency Block 전경

2.3 부산항 신항 야드 생산성에 영향을 미치는 주요 요인

부산항 신항 야드 생산성은 장치장, 즉 야드 내 컨테이너의 재고를 얼마나 신속히 파악하여 선적 및 반출시키는지에 따라 결정된다. 컨테이너터미널에서는 최대한 장치 공간을 확보하기 위해 활용 가능한 장치장을 파악하고, 차후 입항할 선박의 컨테이너 양하를 위한 예비 장치장을 확보하여 장치장 작업계획을 수립한다. 그리고 사전에 양하 계획을 세우면서 한 가지 더 확인할 중요한 요소가 있는데, 바로 다양한 터미널을 오가는 다양한 고객들을 위해 별도로 장치할 컨테이너이다. 따라서 야드의 면적, 형태, 배치, 운영방법, 관련 장비의 사양, 특성 등은 야드 생산성과 밀접한 관련이 있다.

실제 현장의 사례를 보면, 수출입 컨테이너의 양·적하 작업은 사전에 계획(Planning)된 순서대로 컨테이너를 장치장에서 반출하여 선박에 선적하는 과정으로 이루어진다. 이때 현재 반출하고자 하는 컨테이너의 상단에 다른 컨테이너들이 장치되어 있다면, 부득이하게 위에 놓여 있는 컨테이너들을 다른 곳으로 옮기는 재취급(Re-handling)이 발생하여 반출 작업시간을 지연시키는 요인이 된다. 컨테이너터미널 운영사들은 재취급으로 인한 시간 지연을 완화하기 위해 장치장의 한 베이(Bay)에 대한 컨테이너들의 반출 순서가 결정되었을 때, 반출 시작 시점까지 남는 유휴 시간을 활용하여 미리 컨테이너들을 재정돈(이적, 리마샬링)하는 방안을 사용하고 있다(강재호, 류광렬, 김갑환, 2004). 이때 공컨테이너 장치장을 별도로 설치한 컨테이너터미널의 경우, 수출입 컨테이너 전용 장치장과 공컨테이너 전용 장치장(Empty Container Yard)을 별도로 운영함으로써 컨테이너 반출 작업 중 공컨테이너로 인한 재취급 발생을 사전에 방지할 수 있다.

이러한 컨테이너터미널 생산성 저하의 방지는 터미널의 효율적 운영을 위해 매우 필수적인 부분이다. 대표적인 생산성 저하요인에는 선사, 운송사, 화주 등 각 주체가 제공하는 정보의 부정확성과 갑작스러운 변경 등으로 인한 정보 요인, 터미널 운영 과정에서의 발생하는 운영 요인, 터미널 내 안전성 확보를 위한 정비 작업 등의 요인이 있다.

구체적으로 살펴보면 컨테이너터미널의 생산성 저하는 터미널 안벽과 게이트를 통해 들어온 수출입 컨테이너가 각각 터미널 외부 반출 또는 선박으로 적하하는 경우, 해당 컨테이너의 상부 적재 혹은 혼재된 컨테이너를 이적해야 하는 경우 발생한다. 또한, 반출 사전 이적의 경우는 선박의 접안 스케줄의 변경, 선적 야드 장치장 운영상의 문제, 선적리스트 등에 의해서 발생하는 요인으로써 선적정보 변경과 무관하게 운영상의 필요 때문에 이적하는 것이다. 수리, 세척, 사전검사(PTI, Pre-Trip Inspection)는 터미널이 On-Dock 서비스를 제공함에 따라 컨테이너를 수리장, 세척장 등으로 이적하면서 발생하는 요인이다. 강풍 대비 이적은 컨테이너의 적재가 구조물 내에 보관하는 구조가 아닌 외부에 적재함에 따라 태풍 및 돌풍 발생이 우려되는 경우 실시하는 것으로, 이는 컨테이너가 전도되는 사고를 예방하기 위함이다. 벌지 아웃(Bulge-out)은 해당 터미널의 터미널장치장 구조가 침하가 발생할 수 있는 매립지이고, 쇄석(碎石, Crushed Stone)으로 되어있어 발생하는 현상이다. 매립지에 컨테이너가 적재되면 컨테이너의 중량으로 인하여 컨테이너 외관이 바깥으로 휘어지는 벌지 아웃 현상이 가끔 발생하게 되며, 이는 화물의 손상과 사고를 유발할 수도 있다. 이를 방지하기 위해 특정 장소에 하중이 집중되지 않도록 해야 하는데, 이때 이적 작업이 발생한다.

표 2-2 장치장 생산성 저하요인

분류	항목	내용
정보	선적정보 변경	양하항, 선적 모선, 중량 변경 및 선적취소
운영	반출 목적	반출작업 시 해당 컨테이너 상단 이적
	반출 사전 이적	반출 Order 수신 시 해당 컨테이너 상단 이적
	장치장 공간 확보	다른 속성의 컨테이너 장치를 위한 공간 확보
	선적 Pre-shuffle	선적작업 전 선적 순서에 맞춰 사전 이적
	예방/고장정비	RMGC 예방 정비 및 고장 수리를 위한 이적
	야드 할당 위배	지정된 장치장에 다른 속성의 컨테이너 장치로 인한 이적
	Inventory/Seal 확인	컨테이너 실물 및 Seal 확인에 따른 이적

	작업취소	반출, 이적 등의 작업 취소에 따른 이적
	컨테이너 수리 관련	공 컨테이너 수리/세척/냉동 PTI 검사 등의 이적
	On/Off Hire	공 컨테이너 On/Off Hire에 의한 이적
안전 및 정비	공컨 선적에 따른 이적	선사 지정 공 컨테이너 선적 요청 시 발생된 이적
	검·방역, 세관, 등	검·방역, 세관검사, X-ray 검사를 위한 이적
	강풍 대비	강풍으로 인한 사고 예방을 위한 이적
	Bulge-out에 대비한 장치장 평탄작업	쇄석 장치장의 침하에 따른 이적 작업
	Yard 공사	장치장의 공사와 관련한 이적

출처 : 터미널 내부자료 및 저자

컨테이너터미널 장치장의 생산성을 저하시키는 요인들을 정리한 결과, 컨테이너 재취급 및 이적 작업이 주요 원인인 것으로 나타났다. 특히 공컨테이너의 경우 화물의 수출입 및 환적을 함에 있어 필연적으로 재취급이 발생하게 되는데, 별도의 공컨테이너 장치장 없이 운영할 경우 컨테이너의 선적 계획 및 반출 작업에 주요한 방해요인이 된다. 또한, 선적을 위해 선박이 입항한 시점에 공컨테이너를 회수하기 위해 터미널에 화물차가 진입할 경우 터미널 운영사는 선적 작업을 우선적으로 진행하게 된다. 이는 게이트를 통해 들어온 화물차의 대기시간이 길어짐을 의미하며, 궁극적으로 내륙물류 상 병목현상과 인근 배후도로의 정체 현상도 가져올 우려가 있다. 이에 부산항 신항의 각 터미널 계획자들은 기존 수출입 장치장 계획시스템의 한계를 인식하고 있으며, 공컨테이너 장치장을 설치하여 공컨테이너를 별도로 취급하는 것을 핵심전략으로 판단하고 있다.

제 3 장 선행연구

3.1 컨테이너터미널 장치장 관련 연구

컨테이너 장치장의 운영방식 및 생산성에 관해서는 과거부터 다수의 연구들이 진행되었다. 우선 강상곤(2001)은 항만의 효율성은 컨테이너 처리량에 따른 투입자료의 대비로써, 컨테이너 처리량에 따라 효율성이 산정된다고 하였다. 강상곤은 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 경우의 효율성 평가는 DEA 기법이 유용하다는 근거를 바탕으로 DEA 분석을 진행하였다. 이를 통해 DEA를 이용한 항만 및 컨테이너터미널의 효율성 분석에 대한 타당성을 제공하였다.

강재호, 류광렬, 김갑환(2004)은 컨테이너터미널 장치장에서 반입 컨테이너 정보의 부정확성이 재취급을 얼마나 발생시키는지 추정하는 방안을 소개하였다. 해당 논문에서는 무게 그룹이 다른 컨테이너들 간의 혼적을 허용하는 상황에서 반입되는 컨테이너의 장치 위치를 결정할 수 있는 규칙을 생성하는 방안을 제안하였다.

배종욱, 박영만, 김갑환(2006)도 컨테이너의 재취급 및 이적 계획을 다루고 있는데, 컨테이너 운반시간 감소를 위한 방안 모색에 초점을 맞추었다. 이를 위해 운반시간 비용 및 재취급 작업비용, 그리고 이적 작업에 따른 비용을 모두 포함하여 총비용 최소화를 위한 혼합정수계획모형을 설명하였다.

Castilho and Daganzo(1993)는 컨테이너터미널에서 수입 컨테이너 장치장 운영 시 발생하는 문제를 기술하였다. 장치장에서 사용하는 야드 장비를 트랜스퍼 크레인이라고 가정한 뒤 베이로부터 컨테이너를 적출 시 예상되는 취급 횟수를 추정하는 수식을 유도하였다. 또한, Non-segregating과 Segregating의 두 가지 운영 전략을 기준으로 비교 실험을 수행하였다. 이를 통해 적재된 수입 화물의 인출에 따른 기대 재취급 횟수에 대한 수리 모형과 장치장 운영 문제를 다차원적으로 분석한 결과를 제시하였다.

Kim and Kim(1999)은 수입 컨테이너를 위한 장치장 운영 시 특징적으로 나타나는 재취급 작업 유형을 분석하고, 이를 장치장 운영의 의사결정과 연관지어 설명하였다. 특히 컨테이너 장치를 위한 장비 대수 및 공간 크기를 결정하는 요소와 적정 할당에 대한 부분을 분석하였다. 이를 통해 컨테이너 수입 장치장 운영에 대한 정책, 방법 및 공간 배정, 공간 소요 및 공급능력 변화 등을 정리하여 제시하였다.

Kim, Park and Ryu(2000)는 수출 컨테이너를 대상으로 재취급을 최소화하기 위하여 반입시 장치 위치를 결정하는 문제를 다루었다. 이 연구는 반입 컨테이너의 무게를 그룹 단위로 고려하고, 재취급이 최소화되는 장치 위치를 결정하는 방안으로 동적 계획법(Dynamic Program)을 적용하는 방안을 제안하였다. 또한, 동적 계획법으로 생성한 최적 장치 위치 결정 결과로부터 의사결정트리(Decision Tree)의 형태로 규칙을 생성하는 방법도 함께 제시하였다.

Zhang et al(2003)은 컨테이너터미널 내 장치장의 저장 공간의 할당 문제를 다루고 있었다. 특히 블록의 작업부하를 최우선적으로 고려하여 저장 공간을 할당하였다. 또한, 선박 또는 이송 장비에서 컨테이너를 하역할 때 장비의 이송 거리를 최소화하는 것을 목적 함수로 설정하여 컨테이너터미널 내 장치장 운영에 관한 분석을 진행하였다.

Imai et al(2006)는 선박을 기준으로 컨테이너 적재 및 양·적하 계획 문제에 관해 연구하였는데, 앞선 연구들과 마찬가지로 컨테이너의 취급과정에서 발생하는 장치장 내 재취급 문제를 주요 의사결정 요소로 고려하였다.

Wu, Ting and Hernandez(2010)은 컨테이너를 인출하는 시점에 선적 순서가 결정된 경우, 장치장에서 재취급되는 컨테이너의 위치를 결정하는 문제에 관해 연구하였다. 해당 연구에서는 Tabu Search 알고리즘과 Branch and Bound 로직 간 비교 성능 실험을 통해 결과를 제시하였다. 다만 게이트를 통과한 트럭을 통한 반출입은 고려하지 않고 선박과 컨테이너 장치장 간의 컨테이너 취급으로 한정된 한계점이 존재한다.

Zhu, Fan and He(2010)는 수출 컨테이너 장치장에서의 컨테이너 재배치 문제

에 대해 재배치 횟수, 크레인 동작 비용, 재배치 작업시간 등을 고려하여 분석하였다. 재배치 횟수나 작업시간 등 기존 연구들에서도 꾸준히 다루어진 요소에 크레인 동작에 들어가는 비용을 추가하여 분석을 진행하였다. 이를 통해 재배치 작업의 생산성 및 효율성을 평가하는데 있어 기존 연구와 차별성을 강조하였다.

Jang, Kim and Kim(2013)은 안벽 크레인 시스템과 같은 쌍방향 취급 장비를 대상으로 반출 대상 유닛로드의 특성 정보가 재취급 횟수에 미치는 영향에 관해 연구하였다. 결과적으로 장치장에서 컨테이너 인출 시 그룹 정보를 이용한 위치 결정을 통해 인출 시점 재배치 횟수를 줄이는 수리 모델 및 실험 결과를 제시하였다. 또한, 실험 결과를 바탕으로 장치장의 적정 사양 결정 방안도 기술하였다.

표 3-1 컨테이너터미널 장치장 관련 연구

구분	주요 내용
강상곤 (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 항만의 효율성을 컨테이너 처리량에 따른 투입자료의 대비로 설명 ✓ DEA를 이용한 항만 및 컨테이너터미널의 효율성 분석을 진행함
강재호, 류광렬, 김갑환 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 반입 컨테이너 정보의 부정확성이 재취급 횟수에 미치는 영향 분석 ✓ 무게 그룹이 다른 컨테이너 혼적 시 컨테이너의 장치 위치를 결정할 수 있는 규칙 및 방안 모색
배종욱, 박영만, 김갑환 (2006)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 컨테이너의 재취급 및 이적 작업 시 컨테이너 운반시간 감소를 위한 방안 모색 ✓ 혼합정수계획모형을 통해 총비용 최소화 방안 도출
Castilho and Daganzo (1993)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 적재된 수입 화물의 인출에 따른 기대 재취급 횟수에 대한 수리 모형과 장치장 운영 문제를 다차원적으로 분석한 결과를 제시

<p>Kim and Kim (1999)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 컨테이너 장치를 위한 장비 대수 및 공간 크기 결정 요소와 적정 할당 방안 분석 ✓ 컨테이너 수입 장치장 운영에 대한 정책, 방법 및 공간 배정, 공간 소요 및 공급능력 변화 등 정리
<p>Kim, Park and Ryu (2000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 동적 계획법을 활용하여 수출 컨테이너 재취급 횟수 최소화를 위한 장치 위치 결정 ✓ 최적 장치 위치 결정 결과로부터 의사결정트리 형태로 규칙을 생성하는 방법도 함께 제시
<p>Zhang et al (2003)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 컨테이너터미널 내 장치장의 작업부하를 최우선적으로 고려하여 저장 공간을 할당 ✓ 장비 이송거리를 최소화하는 것을 목적 함수로 설정
<p>Imai et al (2006)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 선박을 기준으로 컨테이너 적재 및 양·적하 계획 시 장치장 내 재취급 문제를 주요 의사결정 요소로 고려
<p>Wu, Ting and Hernandez (2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tabu Search 알고리즘과 Branch and Bound 로직 간 비교 성능 실험 수행 ✓ 선박과 컨테이너 장치장 간을 오가는 컨테이너를 대상으로 재취급되는 컨테이너의 위치결정 문제 연구
<p>Zhu, Fan and He (2010)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 수출 컨테이너 장치장에서의 컨테이너 재배치 횟수, 크레인 동작 비용, 재배치 작업시간을 고려해 분석 ✓ 재배치 작업의 생산성 및 효율성을 평가
<p>Jang, Kim and Kim (2013)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 쌍방향 취급 장비를 대상으로 반출 대상 유닛로드의 특성 정보가 재취급 횟수에 미치는 영향 연구 ✓ 인출 시점 재배치 횟수를 줄이는 수리 모델 및 실험 결과, 장치장의 적정 사양 결정 방안 제시

자료: 저자 정리

3.2 컨테이너터미널 공컨테이너 장치장 관련 연구

해운산업에서 공컨테이너와 관련된 연구들을 살펴보면, 글로벌 해상운송에서 선사 및 터미널 운영사 간의 공컨테이너 재배치 문제들을 주로 다루고 있다. 그러나 본 연구의 대상인 터미널 내 공컨테이너 전용 공컨테이너 장치장에 관한 연구는 거의 존재하지 않았다. 특히 공컨테이너 장치장을 별도로 설치함으로써 얻을 수 있는 생산성 향상 효과에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다.

그럼에도 효율적인 공컨테이너 취급 방안 마련, 별도의 공컨테이너 장치장 설치 등의 중요성과 생산성 향상 효과에 대해 현업 종사자들이 공감하고 있으므로 관련 연구가 필요한 상황이다. 오명섭 외(2005)는 복수 크레인을 활용하여 블록 내에서 컨테이너를 이적하기 위한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 적하 작업에서 발생하는 지연을 최소화하기 위하여 장치장에서 발생하는 유휴시간을 활용하여 지연을 최소화하기 위하여 장치장에서 발생하는 유휴시간을 활용하여 블록 내에 흩어져 있는 컨테이너들을 적하 순서에 맞춰 재취급이 발생하지 않게 모으는 방법을 연구하였다. 또한, 크레인 간의 간섭에 의한 지연을 고려한 이적 계획을 수립하는 휴리스틱을 제안하였다. 장치장 베이 하나로 모의실험한 결과 임의의 위치에 신규 반입 컨테이너를 장치하는 방식에 비해 재취급 횟수를 1/5 이하로 줄일 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 장치장 내 공컨테이너 장치장을 두는 것 역시 재취급 횟수를 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

신성현(2018)은 컨테이너터미널 내 비생산성의 주요 원인으로 야드 운영방식을 지적하였다. 또한, 야드 내 장비 운영과 적재공간의 효율성을 높이기 위해 다양한 연구가 이루어져 왔으나 터미널장치장의 구조적 문제 및 운영상 문제로 인해 야드 내 컨테이너 선적 및 반출 작업 시 상부에 적재된 컨테이너를 재작업하는 상황이 계속 발생한다는 문제점을 도출하였다. 이러한 공컨테이너에 대한 작업과 재취급에 대한 활동에 비용이 부과되는 비생산성이 발생한다고 설명하였다. 터미널 내에 발생하는 비생산성 요인을 찾아 최소화하고, 선사가 요구하는 선석 생산성 향상과 운송사가 요구하는 반입 및 반출작업 시간을 단축해야 한다고 기술하였다. 결과적으로 터미널 고객을 유치하기 위해서 비생산성

활동을 최소화하고 터미널 운영 프로세스 개선 등의 노력이 필요함을 강조하였다.

이훈, 김갑환(2018)은 컨테이너터미널에서 공컨테이너를 반출하는 경우에 발생하는 재취급 횟수 추정 방법을 제시하였다. 이를 통해 반출을 위한 공컨테이너 인출 전략과 사용하는 하역장비의 종류에 따라 재취급 횟수가 크게 달라진다고 설명하였다. 다시 말해 공컨테이너 재취급 횟수는 겐트리 크레인, 컨테이너 핸들러 등 하역장비의 종류에 따른 차이와 열수, 층수 등 장치장 규모 및 구조에 따른 차이가 유의미하게 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 터미널 내 공컨테이너 취급을 위한 별도의 장치장 조성 시 하역장비의 특성과 장치장 규모를 고려한 사양 결정, 하역장비 선정, 그리고 운영 전략 결정을 강조하였다.

또한, 정주혜(2018)의 연구에 따르면 수출입 불균형으로 인해 공컨테이너 물동량이 증가하고 있으며, 이러한 불균형 현상은 세계 경제의 글로벌화에 따라 심화하고 있음을 강조하였다. 공컨테이너의 효율적인 관리를 통하여 별도의 특별 보관과 재배치, 유지보수 등에 관한 비용을 최소화할 수 있으며, 이는 정기선사의 경쟁력과 생산성, 그리고 대화주 서비스 향상에 기여할 수 있다고 언급하였다. 터미널 운영사 역시 선사와 마찬가지로 수출입 컨테이너를 취급하는 과정에서 필연적으로 발생하는 공컨테이너를 효율적으로 관리하는 것이 터미널 생산성 향상에 큰 영향을 준다고 기술하였다.

표 3-2 컨테이너터미널 공컨테이너 장치장 관련 연구

구분	주요 내용
오명섭 외 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 복수 크레인을 활용하여 블록 내에서 컨테이너를 이적하기 위한 연구를 수행 ✓ 장치장 내 공컨테이너 장치장을 두는 것 역시 재취급 횟수를 줄일 수 있음을 확인
신성현 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 공컨테이너에 대한 작업과 재취급에 대한 활동이 비용 상승을 유발하는 비생산성 요소가 된다고 설명 ✓ 터미널 고객 유치를 위해 비생산성 활동을 최소화하고 터미널 운영 프로세스 개선 노력이 필요함을 강조

<p>이훈, 김갑환 (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 공컨테이너를 반출하는 경우 인출 전략 및 하역장비 종류에 따른 재취급 횟수 추정 방법을 제시 ✓ 터미널 내 공컨테이너 취급을 위한 별도의 장치장 조성 시 하역장비의 특성과 장치장 규모를 고려한 사양 결정, 하역장비 선정, 그리고 운영 전략 결정 강조
<p>정주혜 (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 공컨테이너의 효율적인 관리를 통하여 별도의 특별 보관과 재배치, 유지보수 등에 관한 비용을 최소화 ✓ 이를 통해 정기 선사와 터미널 운영사의 경쟁력과 생산성, 그리고 대화주 서비스 향상에 기여

자료: 저자 정리



제 4 장 공컨테이너 장치장 규모에 따른 생산성 비교분석

4.1 자료수집

본 연구에서는 컨테이너터미널에서 공컨테이너 장치장 설치 규모가 터미널 생산성에 미치는 효과를 분석하기 위해 부산항 신항 터미널 운영사를 분석대상으로 선정하였다. 대부분의 부산항 신항 터미널에서는 공컨테이너 취급을 위한 별도의 장치장을 두어 운영하고 있었다. 다만 신항 5개 터미널 중 유일한 수직형 터미널인 신항 5터미널(BNCT)은 나머지 4개 터미널과 다른 야드 배치 방식으로 인해 객관적인 비교가 적합하지 않다고 판단하여 본 연구에서 제외하였다.



자료: P터미널 내부자료

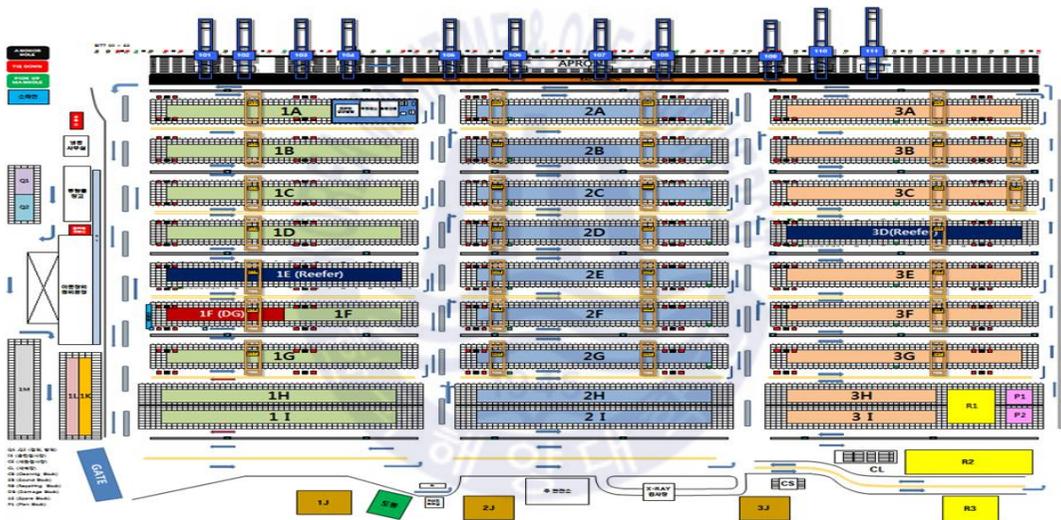
그림 4-1 부산항 신항 터미널 5개사(社)

결과적으로 신항 1부두(PNIT), 신항 2부두(PNC), 신항 3부두(HJNC), 신항 4부두(PHPNT) 등 4개 터미널에 대한 운영자료를 수집하였다. 이를 통해 각 터미널별 물동량, 장치장 면적, 공컨테이너 장치장 유무 및 규모, 야드 장치율, 인력수, 반·출입 시간, 장비 생산성 등의 관련 자료를 확보하였다.

4.2 터미널별 실태분석

4.2.1 PNIT 장치장 현황

부산항 신항의 1부두는 싱가포르 항만운영사인 PSA, (주)한진이 합작하여 설립한 PNIT(부산신항국제터미널)에 의해 운영되고 있다. PNIT는 2010년 3월 29일 APL 스파이널(SPINEL)호가 입항한 이후 본격적으로 개장하였다. 5만톤급 3개 선석(약 1.2km)에 12기의 안벽 크레인을 보유하여 대형 선박에서 중소형 선박에 이르는 다양한 규모의 하역 서비스를 제공하고 있다²⁾.



자료: PNIT 내부자료

그림 4-2 PNIT 야드 단면도

PNIT의 장치장 현황을 보면 총 840,000㎡ 면적의 컨테이너 장치장을 운영하고 있으며, 최대 장치능력은 약 6만 3천 TEU이다. 전체 장치장 면적 중 공컨테이너를 위한 전용 장치장(Empty Block) 면적은 47,001㎡로 약 5.6%가 전용 장치장으로 사용되고 있다. 장치능력의 경우, 풀컨테이너는 약 4만 6천 TEU, 공컨테이너는 약 1만 7천 TEU를 장치할 수 있는 것으로 나타났다. 이 수치를 비율

2) PNIT, <https://www.pnitl.com/homepage/webpage/>

로써 살펴보면, 풀컨테이너는 터미널 전체 장치능력의 약 73.1%, 공컨테이너는 약 26.9%로 분석되었다. 이는 장치장 면적당 장치능력이 공컨테이너 장치장이 일반 장치장보다 높다는 것을 의미한다. 따라서 내부에 화물이 없는 공컨테이너가 일반 컨테이너보다 장치장에서 더 고단적 적재가 이루어지며, 블록 간 간격이 밀집해 있는 것으로 판단된다.

표 4-1 PNIT 장치장 현황

구분		터미널 현황
장치장 전체 면적		840,000 m ²
장치장 전체 Capacity		62,747 TEU
Full Block 면적		792,999 m ²
Full Block Capacity		45,860 TEU
Empty Block 면적		47,001 m ²
Empty Block Capacity		16,887 TEU
이동장비 인원		32 명
QC 생산성		29.8 Boxes/hrs
장비	RMGC (T/C)	40 기
	QC (C/C)	12 기
	이동장비 (RH/EH)	10 대
일평균 1회 입고량		205 TEU

출처 : 각 터미널 내부자료

4.2.2 PNC 장치장 현황

부산항 신항의 2부두는 현재 글로벌 항만운영사인 DP World와 부산신항만투자(주)가 각각 66.03%, 33.97%의 지분을 보유한 합작회사인 부산신항만주식회사(PNC)에 의해 운영되고 있다. PNC는 2005년 11월 18일 3개 선석을 우선적으로 준공한 이후 2006년 2월 25일 5,000TEU급인 MSC LISA호가 입항하며 본격적인

운영을 시작하였다. 이어 2009년 5월에 1-2단계 3개 선석 준공을 완료하여 총 6개 선석을 운영하게 되었으며, 이는 현재까지도 부산항 신항에서 가장 많은 선석이자 가장 긴 안벽(약 2km)을 보유한 터미널로 기록되어 있다. 또한, 선박 대형화 추세에 따라 20,000TEU급 이상 선박을 위한 수심 17m를 확보하고 초대형 안벽 크레인 및 최첨단 시스템을 도입하는 등 항만운영 효율성 제고 및 터미널 생산성 향상을 추진하고 있다³⁾.



자료: PNC 내부자료

그림 4-3 PNC 야드 단면도

PNC의 장치장 현황을 보면 총 1,200,000㎡ 면적의 컨테이너 장치장을 운영하고 있으며, 최대 장치능력은 약 11만 6천 TEU이다. 전체 장치장 면적 중 공컨테이너를 위한 전용 장치장(Empty Block) 면적은 109,775㎡로 약 9.1%가 전용 장치장으로 사용되고 있다. 이는 부산항 신항 터미널 중 가장 넓은 면적이자 가장 높은 비율인 것으로 나타났다. 또한, 장치능력의 경우 풀컨테이너는 약 8만 3천 TEU, 공컨테이너는 약 3만 3천 TEU를 장치할 수 있는 것으로 나타났다. 비율로 살펴보면, 풀컨테이너는 터미널 전체 장치능력의 약 71.2%, 공컨테

3) PNC, <https://www.pncport.com/kor/>.

이너는 약 28.8%로 분석되었다. 이는 PNIT와 거의 유사한 결과로써, PNIT와 마찬가지로 공컨테이너 장치 시 일반 컨테이너보다 더 고단적 및 밀집형으로 장치하는 것으로 보인다.

표 4-2 PNC 장치장 현황

구분		터미널 현황
장치장 전체 면적		1,200,000 m ²
장치장 전체 Capacity		115,841 TEU
Full Block 면적		1,090,225 m ²
Full Block Capacity		82,522 TEU
Empty Block 면적		109,775 m ²
Empty Block Capacity		33,319 TEU
이동장비 인원		70 명
QC 생산성		30.07 Boxes/hrs
장비	RMGC (T/C)	69 기
	QC (C/C)	22 기
	이동장비 (RH/EH)	22 대
일평균 1회 입고량		160 TEU

출처 : 각 터미널 내부자료

4.2.3 HJNC 장치장 현황

부산항 신항의 3부두는 부산항 신항의 유일한 국적 운영사로써 한진해운의 부도 이후 한진 그룹이 PNIT의 지분을 팔고 BPA와 글로벌해양펀드 등과 함께 재정비하였다. 이러한 과정에서 기존 한진해운신항만이었던 법인명을 한진부산 컨테이너터미널(HJNC)로 변경하였다. HJNC는 2009년 2월 6일 한진로스엔젤레스호가 기항한 것을 시작으로 본격적인 운영에 돌입했으며, 한진해운의 신항 모항(母港)으로 역할을 하였다. 이후 세계 최초 수평 자동화 운영시스템을 도입

하는 등 선진화된 첨단 터미널 구축을 지속적으로 추진하고 있다. HJNC는 총 4개 선석(약 1.1km)의 안벽에 18m의 수심을 보유하여 초대형 선박의 접안이 가능하다. 또한, 부산항 신항의 입구에 위치한 지리적 이점을 바탕으로 파일럿 (Pilot) 및 터그(Tug) 작업을 가장 빠르게 수행하는 장점이 있다⁴⁾.



자료: HJNC 내부자료

그림 4-4 HJNC 야드 단면도

HJNC의 장치장 현황을 보면 총 6,696,300㎡ 면적의 컨테이너 장치장을 운영하고 있으며, 최대 장치능력은 약 6만 7천 TEU이다. 전체 장치장 면적 중 공컨테이너를 위한 전용 장치장(Empty Block) 면적은 35,812㎡로 약 5.1%가 전용 장치장으로 사용되고 있으며, 이는 PNIT(약 5.6%)와 거의 유사한 비율로 나타났다. 장치능력의 경우 풀컨테이너는 약 5만 8천 TEU, 공컨테이너는 약 9천 5백 TEU를 장치할 수 있는 상황이다. 비율로 살펴보면, 풀컨테이너는 터미널 전체 장치능력의 약 86.0%, 공컨테이너는 약 14.0%로 분석되었다. 이는 전체 장치능력 대비 공컨테이너 장치 능력 비율이 30%에 가까운 PNIT(26.9%)와 PNC(28.8%)에 비해 낮은 수치로써, PNIT, PNC와 비교했을 때 장치장 적재 방식 및 운영 방식에서 다소 차이가 존재하기 때문으로 판단된다.

4) HJNC, <http://www.hjnc.co.kr/>.

표 4-3 HJNC 장치장 현황

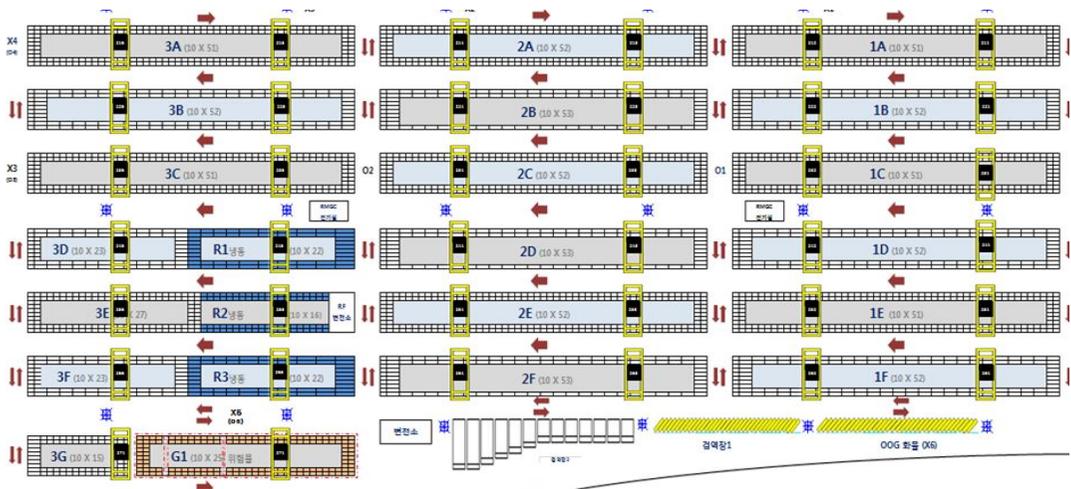
구분		터미널 현황
장치장 전체 면적		696,300 m ²
장치장 전체 Capacity		67,701 TEU
Full Block 면적		660,488 m ²
Full Block Capacity		58,201 TEU
Empty Block 면적		35,812 m ²
Empty Block Capacity		9,500 TEU
이동장비 인원		22 명
QC 생산성		31 Boxes/hrs
장비	RMGC (T/C)	42 기
	QC (C/C)	12 기
	이동장비 (RH/EH)	5 대
일평균 1회 입고량		248 TEU

출처 : 각 터미널 내부자료

4.2.4 PHPNT 장치장 현황

부산항 신항의 4부두는 앞선 터미널과 달리 남컨테이너터미널에 위치하고 있으며, 현대부산신항만(PHPNT)에 의해 운영되고 있다. PHPNT는 2019년 1월 현대상선이 매매계약을 체결함에 따라 현대상선과 PSA가 각각 50%의 지분을 확보하여 공동운영권을 보유하게 되었다. PHPNT는 2010년 1월 HYUNDAI GLORY 호의 시험 기항 후 2010년 2월부터 본격적인 운영을 시작하였다. PHPNT는 약 1.15km 길이의 안벽에 3개 선석을 운영하고 있다. 또한, 안벽 크레인 12기, 야드 크레인 38기 등을 갖추고 있으며, 태양관 시스템 및 전기동력 크레인을 활용하는 등 친환경 시스템 구축을 위해 노력하고 있다⁵⁾.

5) PHPNT, <https://www.hpnt.co.kr/homepage/webpage/>.



자료: PHPNT 내부자료

그림 4-5 PHPNT 야드 단면도

PHPNT의 장치장 현황을 보면 총 553,000㎡ 면적의 컨테이너 장치장을 운영하고 있으며, 최대 장치능력은 약 5만 2천 TEU이다. 전체 장치장 면적 중 공컨테이너를 위한 전용 장치장(Empty Block) 면적은 5,500㎡로 약 1.0%가 전용 장치장으로 사용되고 있어 사실상 공컨테이너 장치장이 매우 작은 규모인 것으로 나타났다. 장치능력의 경우도 풀컨테이너는 약 5만 1천 TEU로 전체의 99.5%를 차지하는데 반해, 공컨테이너는 약 225 TEU를 장치할 수 있어 전체의 0.5%에 그치고 있는 상황이다. 이는 PHPNT가 별도의 공컨테이너 장치장이 아직 운영 계획에서 중요한 부분을 차지하고 있지 않음을 의미한다. PHPNT 관계자와의 인터뷰 결과, 현재 PHPNT의 공컨테이너 장치장은 컨테이너 조작장(CFS)의 기능이 외부로 이전됨에 따라 유휴화된 부지를 활용하고 있다고 설명하였다.

표 4-4 PHPNT 장치장 현황

구분	터미널 현황
장치장 전체 면적	553,000 m ²
장치장 전체 Capacity	51,580 TEU
Full Block 면적	547,500 m ²
Full Block Capacity	51,328 TEU

Empty Block 면적		5,500 m ²
Empty Block Capacity		252 TEU
이동장비 인원		15 명
QC 생산성		26.8 Boxes/hrs
장비	RMGC (T/C)	38 기
	QC (C/C)	12 기
	이동장비 (RH/EH)	7 대
일평균 1회 입고량		170 TEU

출처 : 각 터미널 내부자료

결론적으로 부산항 신항 4개 터미널이 운영하고 있는 공컨테이너 전용 장치장 비율을 보면, PNC(신항 2부두)가 9.1%로 1위, 다음으로 PNIT(신항 1부두)와 HJNC(신항 3부두)가 각각 2위(5.6%)와 3위(5.1%)를 차지하였으나 거의 유사한 비율을 보였다. 마지막으로 4위를 차지한 PHPNT는 전체 장치장 면적 대비 공컨테이너 전용 장치장의 비율이 1.0%로 다른 3개 터미널에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다.

표 4-5 4개 터미널 공컨테이너 장치장 비율 및 규모

구분	PNIT	PNC	HJNC	PHPNT
전체 장치장 면적(A)	840,000m ²	1,200,000m ²	696,300m ²	553,000m ²
공컨테이너 장치장 면적(B)	47,001m ²	109,775m ²	35,812m ²	5,500m ²
공컨테이너 장치장 비율(B/A)	5.6%	9.1%	5.1%	1.0%
비율에 따른 규모 순위	2	1	3	4

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

4.3 실증분석

4.3.1 터미널별 공컨테이너 처리실적 분석

터미널별 월평균 처리 물동량 현황을 보면, PNIT의 경우 2018년 약 20만 5천 TEU였으며, 2019년의 경우 약 20만 TEU로 소폭 감소한 것으로 나타났다. 반면 월평균 공컨테이너 물동량의 경우 2018년 약 4만 1천 TEU에서 2019년 약 4만 8천 TEU로 약 7천 TEU 증가하여 터미널 내 공컨테이너 비중이 증가하였다. 그러나 공컨테이너의 월평균 재취급 횟수는 802.7회(2018년)에서 651.2회(2019년)로 약 150회 감소하였고, 월평균 장치율도 2018년 58.6%에서 2019년 56.7%로 감소한 것으로 볼 때 공컨테이너 장치장을 효과적으로 활용한 것으로 판단된다. PNIT의 월평균 공컨테이너 장치일의 경우 2018년과 2019년 각각 18.7일, 18.3일로 나타나 거의 비슷한 수준을 유지하고 있다.

표 4-6 PNIT 월평균 운영 실적 및 현황

구분		2018년	2019년(9월까지)
월평균 물동량(TEU)		204,770	199,606
월평균 Empty 물동량(TEU)		41,486	47,953
월평균 Empty 장치일(Day)		18.7	18.3
월평균 Empty 재취급 횟수(Van)		802.7	651.2
월평균 장치율(%)	Full	64.6	63.9
	Empty	58.6	56.7

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

PNC의 월평균 물동량은 2018년 약 42만 7천 TEU, 2019년 약 44만 8천 TEU를 기록하여 약간 증가한 것으로 나타났다. 월평균 공컨테이너 물동량의 경우도 2018년 약 6만 4천 TEU에서 2019년 약 6만 9천 TEU로 약 5천 TEU만큼 증가하였다. 그러나 공컨테이너의 월평균 재취급 횟수는 1,807.8회(2018년)에서 1,384.4회(2019년)로 약 420회 감소하여 비생산적인 작업이 감소한 것으로 나타났다. 특히, 공컨테이너의 월평균 장치율과 장치일은 2018년의 경우 74.1%, 11.4일이었으나 2019년 들어 62.9%와 10.5일로 각각 약 11%와 1일 감소하였다.

따라서 PNC의 경우도 PNIT와 마찬가지로 공컨테이너 장치장을 효과적으로 활용하여 증가한 공컨테이너 물량을 효율적으로 처리한 것으로 해석할 수 있다.

표 4-7 PNC 월평균 운영 실적 및 현황

구분	2018년	2019년(9월까지)
월평균 물동량(TEU)	424,441	447,637
월평균 Empty 물동량(TEU)	64,405	69,063
월평균 Empty 장치일(Day)	11.4	10.5
월평균 Empty 재취급 횟수(Van)	1,807.8	1,384.4
월평균 장치율(%)	Full	73.4
	Empty	74.1
		70.3
		62.9

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

HJNC의 경우 월평균 물동량은 2018년 약 23만 6천 TEU, 2019년 약 23만 5천 TEU를 기록하여 거의 비슷한 수준을 유지하고 있다. 월평균 공컨테이너 물동량의 경우도 2018년 약 3만 8천 TEU에서 2019년 약 4만 TEU로 약 2천 TEU만큼 소폭 증가하였다. 이러한 소폭의 물량 증가에 대해 공컨테이너 월평균 장치일은 10.3일(2018년)에서 11.5일(2019년)으로 약 1.2일 증가하고, 장치율 역시 2018년 52.9%에서 2019년 60.8%로 약 7% 상승한 것으로 나타나 공컨테이너 장치장에 대한 운영에 다소 비생산적으로 변한 것으로 나타났다. 또한, 공컨테이너 월평균 재취급 횟수도 2,985회(2018년)에서 3,663.6회(2019년)로 약 680회 증가하는 등 공컨테이너 장치장 운영이 상대적으로 비효율적인 것으로 판단된다.

표 4-8 HJNC 월평균 운영 실적 및 현황

구분	2018년	2019년(9월까지)
월평균 물동량(TEU)	233,556	235,105
월평균 Empty 물동량(TEU)	37,743	39,846
월평균 Empty 장치일(Day)	10.3	11.5
월평균 Empty 재취급 횟수(Van)	2,985.0	3,663.6
월평균 장치율(%)	Full	67.9
	Empty	52.9
		69.3
		60.8

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

마지막으로 PHPNT의 경우 월평균 물동량은 2018년 약 18만 6천 TEU, 2019년 약 20만 2천 TEU를 기록하여 약간 증가한 것으로 나타났다. 월평균 공컨테이너 물동량의 경우도 2018년 약 3만 4천 TEU에서 2019년 약 3만 9천 TEU로 약 5천 TEU만큼 증가하였다. 또한, 공컨테이너에 대한 월평균 장치일은 2018년 7.2회에서 2019년 7.8회로 아주 소폭의 증가만을 나타내어 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 그러나 공컨테이너 재취급 횟수의 경우 2018년 1,885.3회에서 2019년 2,063.6회로 약 200회 증가하여 상대적으로 큰 폭의 증가를 보였다. 이는 PHPNT 내 공컨테이너 장치장의 경우 별도의 장치율 측정도 아직 이루어지지 않을 정도로 매우 소규모로 구성되어 있어 공컨테이너 처리 운영에 어려움이 있기 때문으로 판단된다.

표 4-9 PHPNT 월평균 운영 실적 및 현황

구분	2018년	2019년(9월까지)
월평균 물동량(TEU)	186,331	202,192
월평균 Empty 물동량(TEU)	34,083	38,558
월평균 Empty 장치일(Day)	7.2	7.8
월평균 Empty 재취급 횟수(Van)	1,885.3	2,063.6
월평균 장치율(%)	Full	63.0
	Empty	-

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

앞서 정리한 운영 실적 및 현황을 바탕으로 공컨테이너(Empty) 장치장 규모에 따른 터미널별 공컨테이너 처리실적을 비교 분석하려 한다. 우선 본 연구를 위해 수집한 2018년 1월부터 2019년 9월까지의 최신 데이터를 종합하여 평균값을 도출하였다. 공컨테이너 처리실적의 경우 터미널 및 장치장의 규모다 상이함으로 공컨테이너 처리량을 단순 비교하기에 적합하지 않다. 따라서 전체 공컨테이너 처리량을 공컨테이너를 전용으로 처리하는 공컨테이너 장치장 면적으로 나누어 비교 단위를 통일하였다. 그 결과는 다음 [표 4-10]과 같다.

표 4-10 터미널별 공컨테이너 처리실적 비교(2018.1~2019.9)

구분		PNIT	PNC	HJNC	PHPNT
Empty 장치장 비율(순위)		5.6%(2)	9.1%(1)	5.1%(3)	1.0%(4)
처리실적	Empty 장치장 면적(m ²)	47,001	109,775	35,812	5,500
	월평균 Empty 물동량(TEU)	44,258	66,401	38,644	36,001
	면적 당 Empty 물동량(TEU/m ²)	0.942	0.605	1.079	6.546
월평균 Empty 장치일(Day)		18.5	11.0	10.8	7.4
월평균 Empty 재취급 횟수(Van)		737.8	1626.3	3275.8	1961.7
월평균 장치율(%)	Full	64.3	72.1	68.5	67.0
	Empty	57.8	69.3	56.3	-

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

우선 공컨테이너 장치장의 비율은 PNC가 9.1%로 1위, 다음으로 PNIT 5.6%, HJNC 5.1%, PHPNT 1.0% 순이었다. 이는 각 터미널의 전체 장치장 면적 규모와도 유사한 것으로 면적이 클수록 공컨테이너 장치장의 규모 및 비율도 큰 것으로 나타났다. 다음으로 공컨테이너 장치장 면적 당 공컨테이너 처리 물동량을 비교해보면 규모가 가장 작은 PHPNT가 6.546TEU/m²로 가장 많은 양이 처리되고 있으며, 다음으로 HJNC 1.079TEU/m², PNIT 0.942TEU/m², PNC 0.605TEU/m² 순으로 나타났다. 이를 통해 공컨테이너 장치장 규모가 클수록 면적당 처리량이 적은 음의 상관관계를 확인할 수 있다. 그러나 공컨테이너 장치장 규모와 밀접한 관계가 있을 것으로 예상했던 월평균 공컨테이너 장치일과 재취급 횟수는 장치장 규모에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 공컨테이너 장치일 및 재취급 운영이 각 터미널 장치장에서 활용하고 있는 장비의 수, 작업 인력, 운영 정책 및 전략에 따라 임의적인 조정이 가능하기 때문으로 판단된다.



자료: 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

그림 4-6 터미널별 공컨테이너 처리실적 비교(2018.1~2019.9)

4.3.2 터미널별 하역 생산성 분석

2018년 부산항 신항의 터미널 하역 현황을 보면 가장 큰 규모의 PNC가 약 509만 TEU, 다음으로 HJNC(약 274만 TEU), PNIT(약 238만 TEU) 순이었다. 마지막으로 공컨테이너 장치장 규모가 가장 작은 PHPNT는 총 처리량도 가장 적은 213만 TEU로 나타났다. 이는 야드 점유율에도 영향을 주어 총 처리량이 가장 많은 PNC가 73.4%, 다음으로 많은 HJNC가 66.6%를 보였다. 선석 점유율의 경우 총 처리량보다는 기항척수와 양의 상관관계를 보였다. 우선 PNC가 2,464척이 기항하며, 70.8%의 선석 점유율을 보여 1위를 기록하였으며, PHPNT(1,463척, 66.1%), HJNC(1,417척, 63.8%), PNIT(1,134척, 58.2%) 순이었다.

표 4-11 2018년 터미널 하역 현황

구분		터미널명			
		PNIT	PNC	HJNC	PHPNT
물동량 (TEU)	IN	461,241	952,266	515,956	609,716
	OUT	430,382	957,990	564,755	562,673
	자 T/S	978,810	2,547,311	1,275,054	540,853
	타 T/S	509,643	635,731	382,837	421,725
	총 처리량	2,380,076	5,093,298	2,738,602	2,134,967
기항척수(척)		1,134	2,464	1,417	1,463
선석 점유율(%)		58.2	70.8	63.8	66.1
야드 점유율(%)		62.2	73.4	66.6	63.1

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 제작성

가장 최근 데이터인 2019년 9월까지의 하역 현황을 보면, 2018년과 마찬가지로 PNC(약 403만 TEU), HJNC(약 205만 TEU), PNIT(약 174만 TEU), PHPNT(172만 TEU) 순이었다. 그러나 2018년과 달리 총 처리량이 가장 적은 PHPNT의 야드점유율이 72.3%로 가장 높은 것으로 나타나 공컨테이너 전용 장치장의 미비가 효율적인 야드 운영에 부정적인 영향을 준 것으로 판단된다. 선석 점유율의 경우 총 처리량보다는 기항척수와 양의 상관관계를 보였다.

표 4-12 2019년 터미널 하역 현황(1월~9월)

구분		터미널명			
		PNIT	PNC	HJNC	PHPNT
물동량 (TEU)	IN	412,645	641,417	411,453	491,805
	OUT	380,416	660,482	438,251	436,465
	자 T/S	548,958	2,292,197	943,985	463,106
	타 T/S	398,483	438,732	259,581	330,659
	총 처리량	1,740,502	4,032,827	2,053,270	1,722,035
기항척수(척)		816	1,821	985	934
선석 점유율(%)		53.7	76.1	64.8	67.1
야드 점유율(%)		62.3	70.3	69.4	72.3

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 제작성

이러한 자료를 바탕으로 터미널별 하역 생산성을 분석하였다. 항만의 생산성은 시간당 컨테이너 처리개수로 표현되는 성능 측면의 능력(Productivity)과 장치장 면적 및 장비 보유 대수로 표현되는 시설 규모 적인 측면의 처리용량(Capacity)의 두 가지가 함께 사용되고 있다. 터미널 경쟁력을 좌우하는 데 있어, 터미널 입장에서는 생산요소(시설, 장비, 인력)를 투입하여 산출량을 나타내는 것으로 생산성을 정의한다. 터미널의 생산성 척도는 본선 작업에서의 안벽 크레인의 시간당 컨테이너 처리량이다. 이는 장치장의 공간계획 시 블록 개수 산정과 블록에 배치되는 크레인의 수, 컨테이너 속성에 따른 구분과 같은 요소에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 효율적인 본선 작업이 되기 위해서는 야드에서의 하역작업이 충분히 뒷받침되어야 한다. 야드에서 하역작업의 효율성은 작업상의 컨테이너가 어떻게 장이 되느냐와 어떠한 하역 장비를 사용하느냐가 관건이 될 수 있다.

다양한 생산성 지표 중 본 연구에서는 총선석생산성(Gross Berth Productivity, GBP), 순선석생산성(Net Berth Productivity, NBP), 총장비생산성(Gross Productivity, GP), 순장비생산성(Net Productivity, NP), 하역대기시간(Turn Time) 등의 개념을 활용하였다. 우선 총선석생산성은 선박의 총 접안시간 동안 처리한 컨테이너 물량의 비율을 나타내며, 선사는 이를 선박의 입항과 출항 즉, 재항시간을 예상하는 중요한 생산성 측정지표로 사용하고 있다. 선박이 입항하는 경우 예상물량이 나오면 총선석생산성을 기준으로 출항시간을 예상할 수 있는 것이다. 총선석생산성이 높게 유지되기 위해서는 선사와 터미널 운영사가 동시에 노력해야 하며, 선사는 안벽크레인이 균등하게 작업을 할 수 있도록 물량을 분산하여 선박 적부도(Stowage Plan)를 계획해야 한다. 또한, 터미널 운영사는 안벽 및 야드 크레인 이송장비의 투입 수, 장비의 완벽한 정비, 장비 운전원의 확보, 안전관리 등에 주의해서 작업을 진행해야만 높은 생산성을 유지할 수 있다.

$$\text{총선석생산성(GBP)} = \text{총처리물량(van)} \div \text{총접안시간(hr)} \quad (1)$$

다음으로 순선석생산성은 컨테이너터미널에서 VOR(Vessel Operating Rate)로 불리기도 하며, 선박작업 시 최초로 컨테이너가 양·적하되는 순간부터 마지막으로 컨테이너 작업이 완료되는 순간까지의 시간인 순작업시간을 기준으로 한

다. 따라서, 총선석생산성과 마찬가지로 순선석생산성 역시 수치가 높을수록 시간당 많은 컨테이너 물량을 처리한다고 평가할 수 있다.

$$\text{순선석생산성} = \text{총처리물동량(van)} \div \text{순작업시간(hr)} \quad (2)$$

마지막으로 하역대기시간은 선박, 또는 트럭이 터미널에 진입한 후 작업할 컨테이너를 수취받기까지 대기하는 시간을 말하며, 하역대기시간이 짧을수록 항만 내 작업 속도가 효율적이고 생산성이 높다고 평가할 수 있다.

이에 따라 각 터미널의 하역 생산성을 비교해보면, 공컨테이너 장치장이 존재하는 PNIT, PNC, HJNC 등에 비해 장치장 규모가 매우 작은 PHPNT는 대부분의 생산성 지표에서 다른 양상을 보여줌을 확인할 수 있다. 특히 선석생산성(GBP, NBP)이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 총선석생산성(GBP)의 경우 PNIT 105.1, PNC 98.6, HJNC 102.9로 나타나 거의 100에 가까운 값을 기록하였다. 그러나 PHPNT는 78.1로 다른 터미널에 비해 상당히 떨어져 있는 것으로 분석되었다. 또한, 순선석생산성(NBP)도 PNIT가 115.3, PNC 105.8, HJNC 120.5인 것에 비해 PHPNT는 91.2로 유일하게 100보다 낮은 것으로 나타났다.

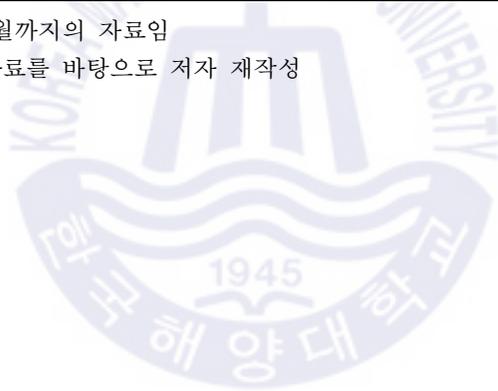
하역대기시간의 경우, 선석생산성과 마찬가지로 공컨테이너 장치장 규모가 매우 협소한 PHPNT가 평균 19.4분으로 PNIT(12.4분), PNC(14.7분), HJNC(12.6분)에 비해 상대적으로 장시간 대기하는 것으로 나타났다. 특히 2019년에는 20.2분으로 2018년과 2019년을 통틀어 전체 터미널 중 유일하게 평균 20분 이상 대기하는 것으로 나타났다. 이를 통해 공컨테이너 장치장 운영이 터미널 내 공컨테이너 작업 효율성 및 생산성 향상에 기여하는 것을 분석되었다. 다만 전체 장치장 면적 대비 공컨테이너 장치장 비율이 약 9.1%로 가장 컸던 PNC의 터미널 생산성이 PNIT(약 5.6%)와 HJNC(약 5.1%)보다 낮은 것으로 분석되었다. 이는 터미널 장비의 성능 및 대수, 작업자의 수와 능력, 터미널 운영 정책 및 전략 등에 따른 차이가 영향을 준 것으로 판단된다. 그럼에도 다른 3개 터미널에 비해 공컨테이너 장치장 규모가 확연히 작은 PHPNT의 생산성이 현저히 낮다는 것을 통해 공컨테이너 장치장 규모가 터미널 생산성에 유의미한 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

표 4-13 터미널 하역 생산성 비교

구분	터미널명											
	PNIT			PNC			HJNC			PHPNT		
	2018	2019	평균	2018	2019	평균	2018	2019	평균	2018	2019	평균
Empty 장치장 비율(순위)	5.6%(2)			9.1%(1)			5.1%(3)			1.0%(4)		
GBP(V/H)	103.0	107.2	105.1	98.5	98.6	98.6	102.2	103.6	102.9	78.1	78.0	78.1
NBP(V/H)	113.5	117.1	115.3	106	105.6	105.8	120.2	120.7	120.5	92.8	89.6	91.2
TURN TIME(분)	11.3	13.5	12.4	14.0	15.3	14.7	11.6	13.6	12.6	18.5	20.2	19.4

단, 2019년은 1월부터 9월까지의 자료임

출처 : 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재작성



4.4 소결

본 연구는 컨테이너터미널에서 공컨테이너 장치장 설치 규모가 터미널 생산성에 미치는 효과를 분석하기 위해 수행되었다. 분석대상이 된 부산항 신항 5개 터미널 중 유일한 수직형 터미널인 신항 5터미널(BNCT)의 경우 다른 터미널과 야드 배치 방식에 명확한 차이가 있어 객관적인 비교가 적합하지 않은 것으로 판단하여 본 연구에서는 제외하였다.

각 터미널에서 관련 자료를 수집하여 분석을 진행한 결과, 터미널 내 장치장 면적이 클수록 공컨테이너 전용 장치장을 크게 구축하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 전체 장치장 면적 대비 공컨테이너 전용 장치장 면적 비율 역시 큰 것으로 분석되었다. 이를 통해 각 터미널 운영사들이 장치장 내 공간적 여유가 존재한다면 공컨테이너 장치장 설치를 적극적으로 추진하고 있는 것으로 판단된다.

각 터미널간 운영·작업 현황을 분석한 결과, 공컨테이너 장치장 규모가 매우 작은 PHPNT의 경우 물동량 증가 시 공컨테이너 재취급 횟수가 소폭 증가하여 야드 작업에 비생산성이 존재하는 것으로 나타났다. 또한, 공컨테이너 장치장 면적 당 공컨테이너 처리물동량의 경우 규모가 가장 작은 PHPNT가 6.546TEU/m², 다음으로 HJNC 1.079TEU/m², PNIT 0.942TEU/m², PNC 0.605TEU/m² 순으로 나타나 면적 대비 처리량이 혼잡한 것으로 분석되었다. 이를 통해 공컨테이너 장치장을 운영함으로써 터미널 내 공컨테이너 작업 효율성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

다음으로 각 터미널의 하역 생산성을 비교 분석한 결과, 장치장 규모가 매우 작은 PHPNT의 총선석생산성 및 순선석생산성은 각각 78.1V/H, 91.2V/H인 것으로 도출되어 100에 근접·초과한 수치를 보인 타 터미널에 비해 현저히 낮은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 하역대기시간(Turn Time)의 경우도 PHPNT는 평균 19.4분으로 PNIT(12.4분), PNC(14.7분), HJNC(12.6분)에 비해 긴 것으로 나타났다.

다만 터미널의 생산성 및 작업 효율성의 경우 단순히 공컨테이너 장치장의 규모에 따른 영향 외에도 장비의 성능 및 대수, 작업자의 수와 능력, 터미널 운영 정책 및 전략 등의 복합적인 요인이 함께 작용하는 것으로 모든 터미널의 운영 현황 및 실적이 공컨테이너 장치장 규모만으로 설명될 수는 없었다. 그럼에도 본 연구의 결과는 터미널 운영 시 공컨테이너 장치장 설치가 작업의 효율성과 생산성에 긍정적인 영향을 준다는 것을 정량적으로 도출한 것에 의의가 있다. 또한, 향후 부산항 신항 2-4, 2-5단계를 비롯하여 2040년까지 총 42조 투자가 계획되어 있는 국내 12개 신항 건설 및 운영에 공컨테이너 전용 장치장 설치의 필요성을 입증하는데 본 연구가 기여할 것으로 기대된다.



제 5 장 결 론

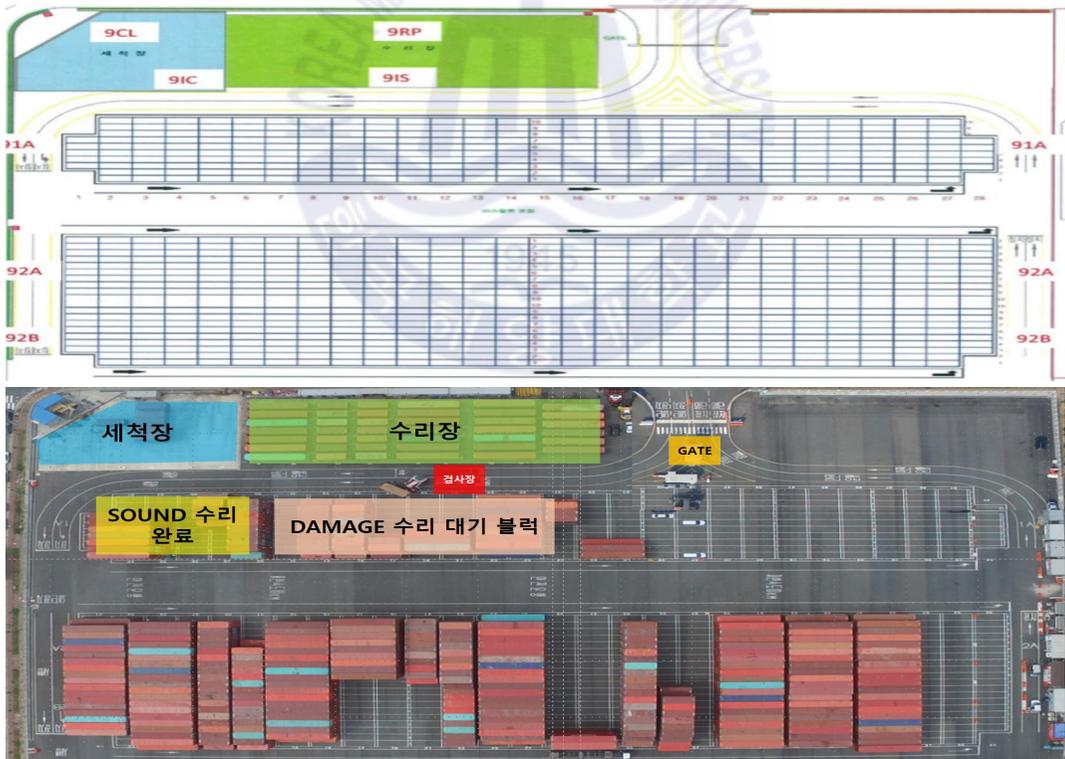
5.1 연구결과 및 시사점

현재 글로벌 컨테이너터미널은 기술의 발전, 물동량의 증가, 시장 환경변화 등에 대응하여 터미널 경쟁력 확보방안 마련을 위해 노력하고 있다. 특히 부산항의 경우 북항의 물동량이 신항으로 대부분 옮겨감에 따라 터미널 내 야드장치율이 급격히 증가하고 있고, 터미널 외부에 위치하던 ODCY 역시 터미널 내부로 옮겨짐에 따라 터미널 야드 공간 혼잡해지고 협소해지고 있다. 이는 결과적으로 각 터미널의 컨테이너 장치장이 혼잡해지고 장비의 재조작률과 반출입 시간을 증가시키는 등 터미널의 비생산성을 초래하고 있다.

이러한 상황에서 본 연구는 공컨테이너 전용 장치장의 설치가 터미널 생산성 및 효율성 향상에 미치는 효과를 각 터미널 내부자료를 바탕으로 분석하였다. 우선 공컨테이너를 보관하는 전용 장치장을 연구 대상으로 하여 증가하는 공컨테이너의 수요를 얼마나 생산성 있게 효율적으로 장치하는지 결정하는 문제를 다루었다. 화물의 혼적 시 발생하는 재취급 문제는 장치장의 효율성 및 생산성에 직결되는 문제로 재취급의 수를 줄이는 것이 시간 및 비용 측면에서 유리한 결과를 도출하게 된다. 또한, 공컨테이너 장치장의 규모가 생산성 향상과 직결되는 요인으로 예상하였다.

연구를 진행한 결과, 대부분 컨테이너터미널은 화물을 적재하기 위한 적재공간 자체가 협소한 것으로 나타났다. 실제로 주어진 공간보다 훨씬 많은 양의 컨테이너를 적재·보관하고 있었으며, 거래하는 컨테이너 선사 또한 다수인 것으로 확인되었다. 또한, 특정 선사만을 위한 컨테이너 적재공간을 확보하기는 현실적으로 어려우므로 대부분 혼적을 통해 보관하고 있었다. 그러나 선사별 특성을 감안하여 터미널 적재공간을 활용하다 보면, 선사별로 상이한 요구들로 인하여 사실상 장치장 운영계획을 어렵게 만들기 때문에 각 운영사들은 이에 대한 어려움을 겪고 있다. 이렇듯 각 터미널 운영사들도 전용 장치장을 두는 것이 작업 효율성이 높다는 것에 동의하고 있다.

특히 PHPNT의 경우 공컨테이너 장치장 규모가 다른 신항 터미널에 비해 너무나 협소하였는데, 이에 대한 대안으로 터미널 배후에 응동CY를 따로 운영 중이다. 하지만 터미널 내부가 아닌 외부 장치장을 따로 운영하는 것은 운송료, CY 운영비용, 인건비, 화물운송사와의 협력 관계 등 많은 요인을 추가적으로 고려해야 하는 문제가 다수 존재한다. 그럼에도 해마다 폭발적으로 증가하는 공컨테이너 수요에 대응하기 위해 별도의 장치장을 설치하려 노력하고 있다. PNIT 역시 Emergency Block까지 활용하여 공컨테이너 장치 공간을 확보하려 노력하고 있다. PNIT의 경우 2010년 터미널을 개장 후 3년 동안은 공컨테이너 장치장을 따로 운영되지 않았다. 그러나 Full과 Empty를 혼적하는 기존의 일반적인 장치장 운영으로는 해를 거듭할수록 늘어나는 공컨테이너 수요를 감당하지 못한다고 판단하였다.



자료: 각 터미널 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

그림 5-1 응동CY 내 HPNT 공컨테이너 장치장

이러한 사례와 분석을 종합해본 결과, 터미널 내 장치장 면적이 클수록 공컨테이너 전용 장치장을 크게 구축하고 있는 것으로 나타났으며, 전체 장치장 면적 대비 공컨테이너 전용 장치장 면적 비율 역시 큰 것으로 분석되었다. 또한, 공컨테이너 장치장 규모가 작을수록 면적당 처리량이 높아 장치장 작업이 혼잡한 것으로 분석되었다. 이는 공컨테이너 장치장 운영이 터미널 내 공컨테이너 작업 효율성 향상에 기여한다는 것을 시사하였다.

터미널 하역 생산성의 경우 장치장 규모가 타 터미널에 비해 매우 작았던 PHPNT가 현저히 낮은 것으로 나타났다. 특히 트럭의 하역대기시간의 경우 PHPNT는 평균 19.4분으로 20분에 가까운 것으로 분석되어 PNIT(12.4분), PNC(14.7분), HJNC(12.6분) 등 타 터미널과 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 분석되었다. 그러나 공컨테이너 장치장의 규모가 모든 터미널 생산성 관련 지표와 일대일 상관관계를 가지고 있지는 않았으며, 이는 장비의 성능 및 대수, 작업자의 수와 능력, 터미널 운영 정책 및 전략 등의 복합적인 요인이 함께 작용하는 것을 의미하였다.

본 연구는 그동안 고려되지 않았던 공컨테이너 장치장의 설치 규모와 생산성과의 관계를 알아보았고, 이를 설명하기 위해 실제 각 터미널의 자료를 분석하여 공컨테이너 장치장을 운영하는 사례를 분석하였다. 이를 통해 도출된 연구 결과는 공컨테이너 장치장의 설치가 터미널 생산성 향상 전략에 중요 요소로 고려되어야 함을 입증하는 근거가 된다. 따라서 향후 신설될 국내 신규 터미널과 기존 컨테이너터미널에서 항만시설 및 장비, 인력 등의 한정된 자원을 효과적으로 활용하여 효율적인 운영 방안을 수립하는 경우 공컨테이너 장치장의 설치를 중요하게 고려하여야 할 것으로 사료된다.

5.2 연구의 한계점 및 향후 연구방향

본 연구의 한계점으로는 우선 연구에 사용된 실증 데이터 수집에 대한 한계이다. 특히 부산항 신항 5개 터미널마다 운영 방식과 데이터 통계방식이 다른 경우가 많았다. 이로 인해 터미널의 자료 수집에 한계가 있었으며, 물량 분석 추이를 예측하고 공컨테이너 장치장 유형을 분석하는데 많은 어려움이 있었다. 또한, 컨테이너터미널 생산성은 공컨테이너 장치장의 규모 외에 영향을 주는 다양한 복합 요소들을 고려하지 못한 한계점이 있다. 이는 장비의 수, 작업 인력, 운영 정책 및 전략 등에 대한 자료 확보의 어려움으로 인한 것으로 향후 연구 시 자료를 확보하여 분석에 활용해야 할 것으로 판단된다.

향후 연구방향으로는 우선 부산항 신항 외 국내외 터미널에 대한 자료를 분석함으로써 공컨테이너 장치장의 설치 규모가 터미널 생산성에 미치는 영향을 명확하게 파악할 필요가 있다. 또한, 공컨테이너 장치장과 풀컨테이너 장치장의 면적 비율에 따라 생산성을 비교 분석하여 최적의 공컨테이너 장치장 규모를 파악하는 연구를 진행하여 실무에 활용할 수 있도록 해야 한다.

참고문헌

논문

- 강재호, 류광렬, 김갑환, 2004. 장치장에서 베이 내 컨테이너의 효율적인 재정돈 방안. *한국지능정보시스템학회*, 2(1), pp.287-295.
- 배종욱, 박영만, 김갑환, 2006. 자동화 컨테이너 터미널에서 수직형 블록의 이적작업을 위한 할당 및 작업순서. *한국항해항만학회지*, 30(6), pp.459-466.
- 오명섭, 강재호, 류광렬, 김갑환, 2005. 복수 크레인을 활용한 블록 내 컨테이너 이적 계획. *한국항해항만학회지*, 29(5), pp.447-455.
- 이훈, 김갑환, 2018. 공 컨테이너 반출 시 발생하는 재취급 횟수 비교. *한국항해항만학회지*, 42(3), pp.207-216.
- 하태영, 신재영, 2007. 컨테이너 터미널의 차세대 하역시스템 평가. *한국항해항만학회지*, 31(3), pp.253-261.
- Castilho, B. & Daganzo, C.F., 1993. Handling Strategies for Import Containers at Marine Terminals. *Transportation Research*, 27B(2), pp.151-166.
- Gharehgozli, A. & Zaerpoor, N., 2018. Stacking Outbound Barge Containers in an Automated Deep-sea Terminals. *European Journal of Operational Research*, 267(3), pp.977-995.
- Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E. & Papadimitriou, S., 2006. Milti-objective Simultaneous Stowage and Load Planning for a Container Ship with Container Rehandle in Yard Stacks. *European Journal of Operational Research*, 171(2), pp.373-389.
- Jang, D.W., Kim, S.W. & Kim, K.H., 2013. The Optimization of Mixed Block Stacking Requiring Relocations. *International Journal of Production Economics*, 143(2), pp.256-262.
- Kim, K.H., Park, Y.M. & Ryu, K.R., 2000. Deriving Decision Rules to Locate Export Containers in Container Yard. *European Journal of Operational Research*, 124, pp.89-101.
- Kim, K.H. & Kim, H.B., 1999. A Segregating Space Allocation for Import Containers in Port Container Terminal. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), pp.415-423.
- Wu, K.C., Ting, C.J. & Hernandez, R., 2010. Applying Tabu Search for Minimizing Reshuffle Operations at Container Yards. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8, pp.2379-2393.
- Zhang, C.L., Wan, Y., Murty, K. & Linn, R., 2003. Storage Space Allocation in Container Terminal. *Transportation Research*, 37B, pp.883-903.

학위논문

- 강상곤, 2001. DEA 모형을 이용한 컨테이너 항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구. 석

사학위논문. 부산: 한국해양대학교.

신성현, 2019. 컨테이너터미널 비생산성 활동에 관한 연구. 석사학위논문. 부산: 한국해양대학교.

윤동하, 2013. 컨테이너터미널의 생산성 향상 요인과 방안에 관한 연구. 박사학위논문. 순천: 순천대학교.

정주혜, 2018. 편도입대 컨테이너 통합관리시스템에 관한 연구-M사의 사례 중심으로-. 석사학위논문. 부산: 한국해양대학교.

최상희, 2006. 컨테이너터미널의 야드배치 형태가 터미널 생산성에 미치는 영향 분석. 석사학위논문. 서울: 연세대학교.

전자 기록물

오병근, 2016. 인천신항 한진컨테이너터미널(HJIT)을 가다 [테일리로그] (Updated 25 April 2016) Available at: http://www.ksg.co.kr/news/news_print.jsp?bbsID=news&pNum=109978 [Accessed 2 November 2019].

최성훈, 2016. 회원사·회사성장에 초점, 두 마리 토끼 잡겠다 [Korea Shipping Gazette] (Updated 02 September 2016) Available at: http://www.ksg.co.kr/news/news_print.jsp?bbsID=news&pNum=109978 [Accessed 2 November 2019].

학술대회

해양수산개발원, 2019. 2019년 항만산업 전망과 대응. 2019 해양수산 전망대회.

Zhu, M., Fan, X., & He, Q., 2010. A Heuristic Approach for Transportation Planning Optimization in Container Yard. Industrial Engineering and Engineering Management(IEEM), IEEE International Conference.

Web

대호씨티에스, http://daehocts.com/sub/sub03_02.php.

삼일인테리어, <http://bitly.kr/R92uilZK>.

인천항만공사, <https://incheonport.tistory.com/1290>.

HJNC, <http://www.hjnc.co.kr/>.

K-stat, <http://stat.kita.net/stat/world/trade/CtrImpExplList.screen>.

LAB-T, <http://bitly.kr/eWGZDfj3>.

PHPNT, <https://www.hpnt.co.kr/homepage/webpage/>.

PNC, <https://www.pncport.com/kor/>.

PNIT, <https://www.pniti.com/homepage/webpage/>.

부 록

A-1. 2018년 PNIT 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
총물량 (TEU)		179,562	189,769	182,690	216,632	236,000	216,147	251,510	232,712	194,516	175,665	206,701	175,335
Empty 물량 (TEU)		32,731	33,297	41,048	35,704	44,001	40,416	38,482	46,367	49,489	41,340	47,837	47,122
Empty Dwell-day (Day)		19	21	18	17	22	20	19	17	20	19	16	16
Empty Swapping (Van)		749	723	486	872	630	779	812	923	865	1264	879	650
장치율 (%)	Laden Block	54	58	61	65	66	69	67	82	58	68	71	56
	Empty Block	47	49	50	52	57	62	59	76	67	62	68	54

출처 : PNIT 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

A-2. 2019년 PNIT 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
총물량 (TEU)		196,301	176,184	221,882	199,662	231,042	198,652	199,748	198,870	174,109
Empty 물량 (TEU)		50,881	45,809	64,392	46,159	60,593	41,283	43,465	38,089	40,910
Empty Dwell-day (Day)		15	18	19	24	18	23	19	15	14
Empty Swapping (Van)		827	800	855	512	797	680	478	452	460
장치율 (%)	Laden Block	76	57	65	64	65	67	60	62	59
	Empty Block	70	54	64	48	62	55	51	55	51

출처 : PNIT 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

B-1. 2018년 PNC 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
총물량 (TEU)		409,365	422,144	444,984	409,804	426,752	427,529	406,691	409,167	435,940	412,022	446,246	442,652
Empty 물량 (TEU)		67,822	66,108	77,667	66,323	65,114	58,401	54,260	53,154	58,729	60,271	77,613	67,401
Empty Dwell-day (Day)		9.6	9.1	10.3	11.1	12.7	11.1	13.2	11.6	10.3	13.4	12.2	12.4
Empty Swapping (Van)		2,008	1,823	2,488	2,326	2,076	2,165	1,594	1,384	1,340	1,677	1,483	1,329
장치율 (%)	Laden Block	70	84	76	80	72	70	66	76	74	71	75	67
	Empty Block	71	81	84	82	82	73	63	62	69	72	84	66

출처 : PNC 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

B-2. 2019년 PNC 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
총물량 (TEU)		441,583	437,652	431,522	457,742	473,471	462,169	461,883	446,501	416,209
Empty 물량 (TEU)		61,458	76,483	62,073	81,239	71,453	61,941	73,544	71,697	61,675
Empty Dwell-day (Day)		9.5	8.5	10.6	9.6	10.8	9.5	10.3	12.5	13.0
Empty Swapping (Van)		1,559	1,210	1,401	1,266	1,482	1,207	1,494	1,360	1,481
장치율 (%)	Laden Block	70	76	66	71	71	69	69	72	69
	Empty Block	56	67	63	62	61	61	63	70	63

출처 : PNC 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

C-1. 2018년 HJNC 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
총물량 (TEU)		218,054	235,505	218,399	232,174	251,329	227,593	223,611	213,122	254,330	247,637	262,987	217,930
Empty 물량 (TEU)		38,682	46,060	36,812	39,627	41,584	42,591	36,313	31,473	34,690	33,725	39,211	32,152
Empty Dwell-day (Day)		9.57	6.05	7.7	8.15	8.27	13.3	12.56	12.85	10.52	10.04	12.63	12.29
Empty Swapping (Van)		3,836	2,692	3,545	3,739	2,647	3,515	2,910	2,792	2,427	2,191	2,401	3,125
장치율 (%)	Laden Block	62	70	64	70	69	72	61	67	72	72	76	60
	Empty Block	40	38	46	46	53	63	59	57	49	65	66	53

출처 : HJNC 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

C-2. 2019년 HJNC 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
총물량 (TEU)		233,504	215,659	245,106	236,740	237,219	227,222	245,912	251,579	223,007
Empty 물량 (TEU)		39,726	32,300	42,018	38,504	36,172	33,950	45,831	51,695	38,414
Empty Dwell-day (Day)		12.56	11.84	8.87	10.94	14.16	11.65	10.01	11.56	11.7
Empty Swapping (Van)		2,850	2,965	3,817	3,956	3,767	3,126	4,379	4,276	3,836
장치율 (%)	Laden Block	68	71	69	72	69	69	72	72	62
	Empty Block	54	60	63	61	60	52	58	72	67

출처 : HJNC 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

D-1. 2018년 PHPNT 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
총물량 (TEU)		146,533	135,002	177,859	169,330	187,721	193,314	209,265	198,699	206,718	194,958	212,969	203,606
Empty 물량 (TEU)		30,152	25,487	37,249	32,300	31,737	30,490	39,753	41,285	36,176	30,705	39,995	33,664
Empty Dwell-day (Day)		7.5	6.0	6.7	7.4	6.5	7.3	6.0	7.6	7.7	6.0	8.1	9.2
Empty Swapping (Van)		1,651	1,676	1,807	1,875	1,851	1,881	2,211	2,107	1,859	1,858	1,936	1,912
장치율 (%)	Laden Block	48	47	57	60	60	62	64	74	70	70	76	68
	Empty Block	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

출처 : PHPNT 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

D-2. 2019년 PHPNT 운영 현황

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월
총물량 (TEU)		193,112	174,037	224,234	218,186	206,304	200,898	209,353	207,182	186,424
Empty 물량 (TEU)		37,682	25,964	45,207	46,804	36,591	27,766	42,187	42,057	42,765
Empty Dwell-day (Day)		7.0	9.1	6.4	6.1	8.5	7.7	6.4	8.9	10.1
Empty Swapping (Van)		2,342	1,719	2,607	2,233	2,227	1,455	2,201	1,715	2,073
장치율 (%)	Laden Block	74	74	72	73	73	69	70	75	70
	Empty Block	-	-	-	-	-	-	-	-	-

출처 : PHPNT 내부자료를 바탕으로 저자 재정리

感謝의 글

2년이라는 시간이 이렇게나 빨리 지나갈 것 이라고 생각을 했던가.

아무것도 모른 채 같은 회사 지인으로부터 추천을 받아 입학하게 되었는데 막상 입학하고 나니 첫 학기때는 많은 어려움을 느꼈었다. 본인의 낮가림으로 인한 적응 실패를 경험하고 있을 때 옆에서 손을 잡아준 동생 진호가 있었고, 친구 지훈이가 있었으며 같은 동기 형들과 동생들이 있었다. 나는 2년 동안 대학원을 다니며 머릿속의 생각하는 단어가 있다. 행운아... 나는 정말이지 행운아다. 우선 좋은 교수님들을 만나게 되었다. 김환성 단장님, 김율성 부단장님, 그리고 신영란 학과장님. 정말이지 고마운 분들이다. 다음엔 우리 형들... 윤희형, 우조형, 선우형, 상조형, 그다음엔 우리 동생들... 기영이, 조현이, 상훈이, 재규, 동호 이외 모든 분들이 나를 행운아로 만들어 주었다. 아~ 우리 지혜선배가 있었네.

논문 주제 선정은 쉬웠다. 본인 스스로 10년간 근무하고 본업무였으며 가장 잘 아는 분야라고 생각했기에 본 주제로 논문 작성을 시작하면서 자신감이 있었다. 하지만 논문 준비를 하면서 수차례 포기를 생각했었고 스스로 내 자신의 학문적 지식의 한계에 빠지기도 했었다. 많은 선배들이 그냥 졸업하진 않았구나라는 생각을 하게 되었으며 다시 한번 대단하다는 생각이 든다.

이제 논문을 마무리하며 졸업을 앞두고 있다. 2년간의 대학원 생활이 꿈만 같았고 다시 또 이런 재밌는 학교생활을 할 수 있을까? 내 주변에 지금껏 이런 사람들을 또다시 만날 수 있을까?란 생각이 자꾸 든다.

그저 아쉽기만 하다. 좀 더 재밌게 그리고 적극적으로 잘해볼걸이란 후회도 많이 든다. 2년 동안의 대학원 생활을 하면서 가장 감사하게 생각하는 두 사람이 있다. 사랑하는 와이프와 딸 서현이.

2년 동안 와이프가 많이 도와주고 아낌없이 지원을 해줘서 너무나 감사하다.

우리 사랑하는 딸 서현이. 아빠 따라서 학교에도 여러번 따라 다녔지.

그러면서 자연스럽게 많은 삼촌, 이모, 언니들도 새로 생기고...

아빠 따라 학교 와서 아빠의 강의하는 모습도 보며, 같이 어울릴 수 있는 체육 대회도 즐기고 2년 동안 사랑하는 우리 딸 서현이도 같이 아빠와 어울릴 수 있어 행복했다.

이제 졸업하고 나면 지금까지의 이 좋은 사람들과 더 좋은 만남을 이어가며 조금이나마 우리 학과를 위해서 헌신하고 싶은 마음이다.

2년 동안 내가 받은 사랑 이제 우리 과를 위해서 그리고 선배들과 후배들을 위해서 작지만 항상 힘이 되는 사람으로 남고 싶다.

2019년 12월

장일권 올림

