

우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인 분석에 관한 연구

A Study on Core Factor Analysis for the Development of Automated Container Terminal in Korea

전영환* · 최형림** · 유동호*** · 윤수진****

목 차

I. 서론	IV. 국내·외 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영현황 분석
II. 해운환경의 변화	V. AHP기법을 활용한 자동화 컨테이너터미 널 발전방안 분석
III. 자동화 컨테이너터미널 개요	VI. 결론

Key Words: 자동화 컨테이너터미널, ACT 유형, ACT 현황, AHP, ACT 핵심요인, ACT 발전방안,

Abstract

This research is focused on the organizations related to development and operation of automated container terminal to find the core factors to prepare for the changes in maritime logistics circumstances and to secure superiority in the middle of fierce competition.

Through an analysis of the status of development and operation of internal and external automated container terminals, it is concluded that public organizations, companies, research centers/schools, and private organizations influence on the development and operation of automated container terminals. The specific role of each organization is also concluded in this study. Based on the findings above, a survey of experts in the organizations of container terminals in Korea has been carried out using AHP method. Through this survey, the order of importance of the related organizations was found to be public organizations, research centers/schools, companies, and private organizations.

This research can be referred to make a master plan for the development and operation of automated container terminal in Korea.

▷ 논문접수: 2008.10.08 ▷ 심사완료: 2008.12.28 ▷ 게재확정: 2008.12.29

* 부산항만공사 항만시설팀 팀장, yhjeon@pusanpa.com, (051)999-3240, 대표집필

** 동아대학교 항만·물류시스템학과 교수, hrchoi@dau.ac.kr, (051)200-5613, 공동저자

*** 경남발전연구원 환경·교통연구실 전문연구원, eastsky@gndi.re.kr, (055)239-0128, 교신저자

**** 한국교통연구원 물류·항공교통연구본부 연구원, hapiuni@hotmail.com, (031)910-3256, 공동저자

I. 서론

동북아시아 지역은 급속한 경제성장을 이루고 있는 중국을 축으로 해운물동량의 증가폭이 세계 평균보다 높으며, 보다 많은 물동량 유치와 주도권 확보를 위해 각국은 노력을 경주하고 있다. 자국의 항만을 동북아의 물류거점으로 만들기 위해 국가 경제성장 핵심전략으로 채택하고 신항만 건설, 항만 배후단지 조성 등의 인프라를 확충하고 효율적인 물류체계를 구축해 가고 있다.

우리나라도 21세기 동북아 물류중심기지 육성전략 추진으로 항만을 개발하여 양적으로는 크게 성장하였으나, 컨테이너터미널 운영 효율성과 서비스의 질적 수준에서는 선진항만에 비해 미흡한 실정이다.

본 연구는 항만 운영 효율성 향상에 관한 것으로 특히, 우리나라 자동화 컨테이너터미널(ACT: Automated Container Terminal) 발전을 위한 관련 주체와 각 주체의 핵심 역할을 도출 및 수행해야 할 역할을 분석하고자 한다.

이를 위해서 해운 환경변화와 국내·외 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영현황을 살펴보고 관련 분야의 전문가 의견을 수렴하여, 우리나라 자동화 컨테이너터미널의 발전을 위한 관련 주체와 주체들의 역할을 도출하고, AHP¹⁾ 기법을 활용하여 도출된 주체들의 역할간 우선순위를 분석하였다. 이를 통하여 향후 우리나라 자동화 컨테이너터미널의 발전을 위한 관련 주체들의 역할과 각 주체들의 수행해야 할 다양한 역할들을 어떤 순서로 실행함이 적절한지 제시한다.

II. 해운·항만환경의 변화

해상을 통한 무역중심지는 기원 전 3000년 전부터 페니키아 시대에 레바논에서 시작하여 처음에는 작은 폭으로 서쪽의 로도스섬(Rhodes Island), 크레타섬(Crete Island), 그리스(Greek), 로마(Rome)를 거쳐 북 이태리 지방으로 옮겨갔다. 약 1,000년 전에는 큰 폭으로 한자동맹 도시(Hanseatic Town), 앤트워프/암스테르담(Antwerp/Amsterdam), 런던(London) 그리고 북아메리카의 동쪽 해안으로 옮겨 갔다가 20세기에는 일본, 한국, 중국이 그 바통을 이어 받아 해상 무역중심지로 성장·발전하고 있다²⁾.

이러한 변화와 함께 세계 컨테이너 물동량도 꾸준히 증가하여 왔고 앞으로도 계속 년 평균 8.4%씩 증가하여 2011년에는 약 7억TEU가 될 것으로 예상하고 있다.

물동량 증가에 따라 과거 해운회사에 의해 기항지가 결정되었으나, 근래에는 항만 선택에 있어 화주들의 영향력이 매우 커졌고, 화주들은 물류비 절감, Door-to-Door 서비스를

1) AHP(Analytic Hierarchy Process): 분석적 계층화 기법

2) Martin Stopford, Routledge, "Maritime Economics" Second Edition, 1997, pp.254-258.

비롯하여 요구시간에 정확히 배달(JIT: Just in Time)하는 등 고수준의 물류 서비스를 요구하고 있다.

이러한 화주들의 서비스 요구를 충족시키기 위해 해운회사들도 경쟁력을 갖추어야만 살아남을 수 있게 되었다. 선사들은 생존전략으로써 서로 이해관계가 맞는 해운사와 연합하여 규모의 경제를 형성하고, 한 번에 많은 화물을 실어 나를 수 있는 초대형 선박을 건조하여 선박 운항 횟수와 운영인원을 줄여 경비를 절감하고, 고속 선박을 개발하여 신속한 서비스를 제공하고자 한다.

또한 9.11사태 이후 보안 이슈의 핵심으로 항만이 떠올랐고 이에 따라 미국을 중심으로 물류보안 관련 각종 제도 제정과 기술개발이 이루어지고 있다. 컨테이너에 방사능 또는 핵관련 물질, 폭발물, 치명적인 바이러스 운반 등의 테러를 사전에 방지하기 위한 컨테이너 모니터링 장비를 개발하고, 실시간 컨테이너 관리시스템을 구축하여 일부 선진 터미널에서는 이미 운영하고 있다.

따라서 위와 같이 급변하는 환경변화에 적응하고 경쟁력을 확보하기 위한 새로운 전략이 필요하다. 선박의 대형화·고속화에 부응할 수 있는 고효율 항만은 현재 시스템으로 신속한 대응이 어려워, 이를 극복하기 위해서 1990년대부터 그 대안으로 자동화를 받아들이고 있다. 그간 자동화 컨테이너터미널에 대한 여러 가지 부정적인 이견(異見)이 많았으나 기계 및 통신기술의 발전과 운영시스템이 뒷받침되어 전 세계 항만은 자동화에 대한 이점을 더 이상 무시할 수 없게 되었다. 네덜란드 로테르담항 ECT(Europe Container Terminal), 독일 함부르크항 CTA(Container Terminal Altenwerder), 호주 브리즈번항 Patrick Terminal 등이 장비의 현대화·자동화, 운영시스템의 지능화를 받아들인 대표적인 사례이다.

Ⅲ. 자동화 컨테이너터미널의 개요

1. 자동화 컨테이너터미널 개념

1) 자동화 컨테이너터미널 정의

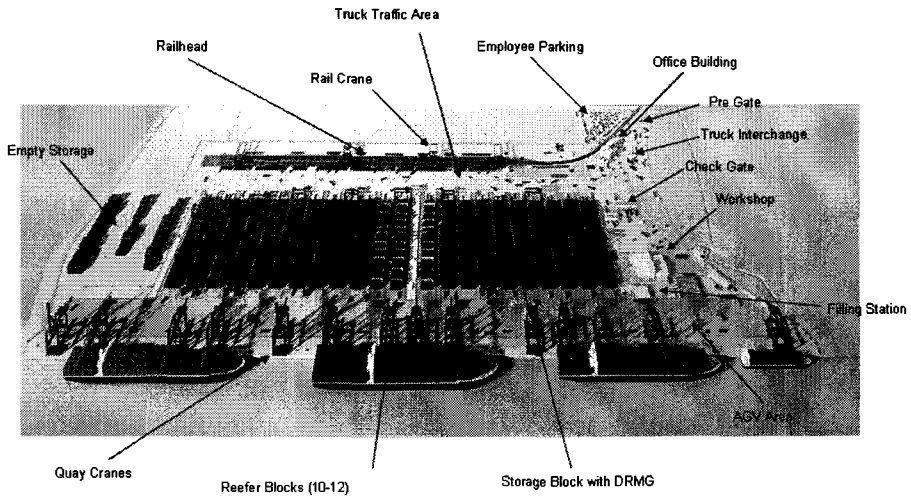
자동화 컨테이너터미널은 작업의 관점에서 “컨테이너터미널 운영의 핵심 프로세스인 선박 하역작업, 이송작업, 야드장치 작업의 일부 또는 전부를 자동화한 터미널”로 정의할 수 있다³⁾.

또 운영의 관점에서는 “터미널 운영에서 가장 많은 인원을 필요로 하는 작업인 안벽에서 장치장까지의 컨테이너 수송과 이송된 컨테이너를 작업자의 개입 없이 장비 스스로 야드에 장치하고, 컨테이너의 반출·입 업무를 담당하는 게이트를 자동화하는 것”으로 정의

3) 최형림·유동호·박남규·박병주·권해경, "자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구: 외국의 사례를 중심으로", 『해운물류연구』, 제47호, 2005.12, p.61.

내릴 수 있다. <그림 1>은 가장 선진화된 자동화 컨테이너터미널로 평가받고 있는 독일 CTA의 배치도이다.

선박의 대형화로 선박 한 척당 처리해야 할 물량이 증가함에 따라 많은 컨테이너를 동시에 처리·보관 가능한 장치 공간이 요구되고, 터미널 내의 차량 운행횟수 증가 등의 터미널 혼잡비용이 높아지고 터미널 효율도 급감하게 되어 대부분의 업무를 인력에 의존하여 운영되는 현 시스템으로는 생산성 향상 및 가격 경쟁력을 달성하기 어렵고, 점점 거세지고 있는 환경규제에 대처하기 위해 친환경 컨테이너터미널에 대한 고려가 필요하게 되었다.



<그림 32> 자동화 컨테이너터미널 배치도(독일 CTA)

자료: HHLA Container-Terminal Altenwerder GmbH, "The Container-Terminal Altenwerder", 2004.

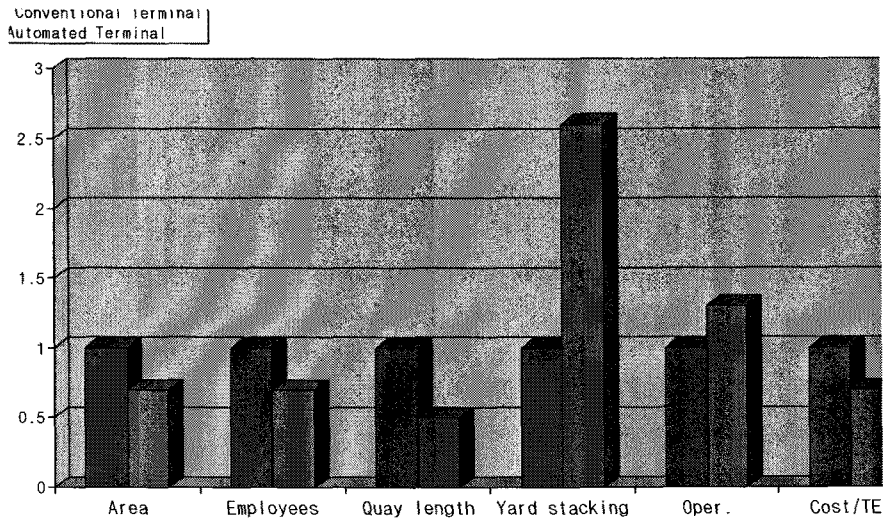
이러한 항만 무한경쟁시대 상황에서 경쟁력 확보를 위해서는 '자동화 컨테이너터미널 도입은 선택이 아닌 필수'로 받아들여지고 있다⁴⁾.

2) 자동화 컨테이너터미널의 특징

기존 컨테이너터미널 전체 운영비 중 인건비가 차지하는 비중이 45%인데 반하여 자동화 컨테이너터미널은 약 25%로 그 절반정도이다. 장치장에서 사용되는 장비인 RMGC의 동력원으로 전기를 사용하여, 기존의 디젤 엔진을 사용하는 RTGC에 비해서 약 90%의 에너지 절약과 배기가스 및 소음을 줄일 수 있어서 친환경적이다. 동일 컨테이너 처리량을 보유하고 있다는 가정 하에 약 20~30%이상의 생산성 향상과 30% 이상 높은 컨테이너 장

4) Hyung Rim Choi, "Current Status and Development Strategy of the Automated Container Terminal", 2004 IAPH the 5th Asia Oceania Regional Meeting, 2004. 3.

치율로 기존의 재래식 컨테이너터미널에 비해 자동화 컨테이너터미널이 전체적으로 운영 효율이 높다. 뿐만 아니라, 무인작업으로 작업 신뢰성을 확보하고, 산업재해 등의 안전사고가 거의 발생하지 않는다. 투자비는 기존 컨테이너터미널에 비해 약 116%로 높으나 운영비는 약 16% 이상 저렴하여 터미널 개장 3~4년 후부터는 재래식 컨테이너터미널에 비해 경제적이다[Thomas Koch(2003)].



<그림 2> 일반 터미널과 자동화 컨테이너터미널 비교

자료: HPC, "Automated Container Terminals", 2003. 9.

실제적인 사례로 독일의 CTA 경우 <그림 2>와 같이 면적, 종업원 수, 안벽길이, 야드 장치 밀도, 생산성, 비용 등 모든 부분에 대해 효과적인 것으로 나타나고 있고, 다만 초기 투자비용, 첨단기술에 따른 안정성/안전성의 검증이 주요하게 고려되어야 할 사항인 것으로 논의되고 있다.

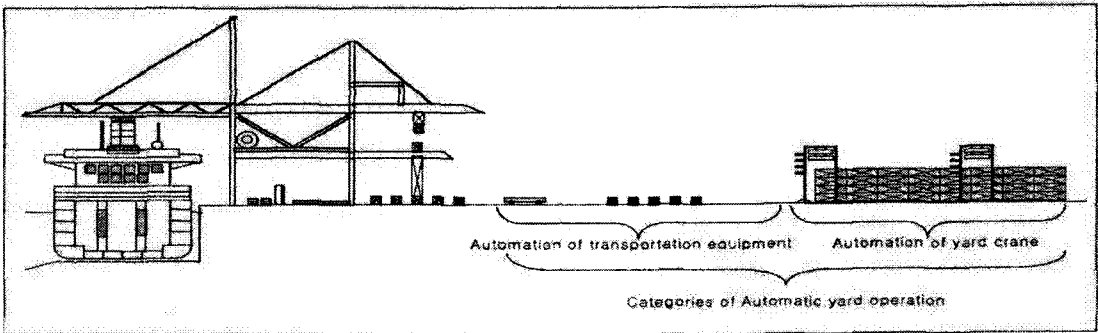
2. 자동화 컨테이너터미널 유형

자동화 컨테이너터미널은 자동화 정도에 따라 <표 1>과 같이 완전 자동화와 부분 자동화 컨테이너터미널로 구분할 수 있다. <그림 3>은 컨테이너터미널에서 자동화가 이루어지는 구간을 나타내고 있다.

컨테이너터미널은 자동화 정도에 따라 완전 자동화 컨테이너터미널과 부분 자동화 컨테이너터미널로 구분 지을 수 있고, 완전 자동화 컨테이너터미널의 대표적인 예로 독일 CTA, 네덜란드 ECT, 호주 Patrick Terminal을 들 수 있다.

<표 1> 컨테이너터미널의 자동화 정도에 따른 구분

ACT 유형	자동화 정도			주요 터미널
	하역	이송	장치	
완전 자동화	<ul style="list-style-type: none"> 선박하역 유인(有人) 선측하역 무인(無人) 	<ul style="list-style-type: none"> AGV 	<ul style="list-style-type: none"> 무인(無人) RMGC 	<ul style="list-style-type: none"> 독일 CTA 네덜란드 ECT
부분 자동화	<ul style="list-style-type: none"> 유인(有人)CC 	<ul style="list-style-type: none"> YT 	<ul style="list-style-type: none"> 무인(無人) RMGC 	<ul style="list-style-type: none"> 영국 TMP 싱가포르 PPT 홍콩 HIT 한국 PECT



<그림 3> 컨테이너터미널 자동화 구간

자료: Hyung Rim Choi, Nam Kyu Park, Dong Ho Yoo, Hae Kyung Kwon, "A Study on the Type of Automatic Yard Operation for a Container Terminal" 한국항만경제학회지 제22집 제2호, 2006. 6, p.63

부분 자동화 컨테이너터미널은 우리나라 PECT(Pusan East Container Terminal)를 비롯하여 싱가포르 PPT(Pasir Panjang Terminal), 홍콩 HIT(Hongkong International Terminal) 등의 운영사례가 있다. 각 터미널은 각자 처한 상황(환경, 정책 등)에 따라 경제성 확보 및 생산성 향상을 위해 운영되고 있다. 이에 본 연구에서는 국내·외 자동화 컨테이너터미널 관련 기존 연구 동향과 운영현황을 분석하고, 그러한 자동화 형태를 갖추게 된 원인을 분석하여 우리나라가 자동화 컨테이너터미널 개발 및 효율적인 운영을 하기 위해서는 어떠한 내용이 필요한지 도출하고자 한다.

3. 자동화 컨테이너터미널 관련 연구동향

본격적으로 자동화 컨테이너터미널이 소개된 1990년대 이후의 국내 각종 보고서와 연구 자료를 분석해보면 자동화 컨테이너터미널의 정의, 자동화 관련 각종 기술 및 장비 개요, 국내·외 자동화 컨테이너터미널 현황 소개, 국내 도입 필요성 및 개발전략, 발전방향에 관한 연구, 자동화 장비와 정보기술 등의 요소기술 및 운영에 대한 연구가 활발히 이루어

지고 있음을 알 수 있다. 그 외 자동화 컨테이너터미널을 포함한 항만물류와 관련된 연구로 항만 경쟁력 또는 생산성 측정모형(모델) 개발, 항만 활성화를 위한 마케팅 방안과 항만물류 인력양성에 대한 연구도 있다.

박경택(1997), 김범중(1997)의 연구는 자동화 컨테이너터미널의 정의, 도입 동기와 목표, 구성 요소(각종 자동화 기술과 장비)의 소개와 운영 및 이송시스템, 자동화 게이트시스템에 대한 국내·외 기술 수준과 국외의 자동화 컨테이너터미널의 사례를 제시하여, 자동화 컨테이너터미널의 개요서 역할을 하고 있다. 박정천(2000)은 1997년 舊해양수산부에서 실시한 우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 타당성 검토용역 이후의 중점 국가연구개발사업인 ‘자동 컨테이너 이송차량(AGV: Automated Guided Vehicle)과 자동 트랜스퍼크레인(ATC: Automated Transfer Crane)의 설계 및 제어기술 개발 등의 핵심기술 개발사업’을 소개하고, 그 기대효과를 기술하였다.

이상의 기존연구는 자동화 컨테이너터미널에 대한 소개와 자동화 컨테이너터미널의 개발 및 운영에 필요한 장비들에는 어떠한 것들이 있는지 분석하고 있는데 본 연구의 목표인 자동화 컨테이너터미널 개발에 따른 국가적 차원에서의 논의는 이루어지지 않고 있다.

최형림 외(2005) 등은 국외 선진 항만의 자동화 컨테이너터미널 유형(자동화 형태)은 각국이 처해 있는 환경에 기반하고 있다는 가설을 세우고 관련 문헌연구를 하였다. 박남규(2004) 등은 AHP 기법을 활용하여 광양항 자동화 컨테이너터미널 추진의 터미널 운영목표 우선순위를 조사하였다.

위 연구들의 경우 국외 주요 자동화 컨테이너터미널의 배치형태, 운영방식 및 운영 장비의 특성을 분석하여 새로운 자동화 컨테이너터미널 개발 시 어떠한 배치, 운영방식 및 장비를 도입하는 것이 타당한지를 기술하였고 이러한 개별 자동화 컨테이너터미널을 개발하기 위해 우선시 되는 것이 무엇인지 제시하고 있다. 따라서 이상의 자동화 컨테이너터미널 관련 연구의 경우 본 연구와는 차이가 있는데 종합하면 기존 연구에서는 항만 및 항만관련 정책과 제도 마련, 기술/장비 및 인력개발 등의 각 부분별로만 연구가 이루어지고 있어 전체적인 관점에서 자동화 컨테이너터미널 도입 및 개발 시에 어떤 부분에 역량을 집중하고, 추진해야 할런지에 대한 의사결정지원의 역할을 하지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 자동화 컨테이너터미널의 개발과 운영에 직·간접으로 관련 있는 주체들을 파악하고, 각 주체들이 담당해야 할 역할과 또 이 역할들 중 자동화 컨테이너터미널의 발전을 위해 우선적으로 추진해야할 사항이 무엇인지 도출하고자 한다.

이를 통하여 정책제안, 기술개발 등 한 주제에 국한된, 단편적인 관점이 아니라, 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영에 관련된 여러 요소들을 함께 고려한 거시적인 관점에서 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전에 관해 논의하고자 한다.

IV. 국내·외 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영현황 분석

1. 국외 자동화 컨테이너터미널 개발

과거 컨테이너터미널 건설시에는 자국 및 운영사의 현재 또는 가까운 미래에 대한 항만 환경 예측 정보를 기반으로 하였다. 그러나 최근에는 이와 더불어 학계, 산업계 및 민간단체들까지 국가 전체적인 관심과 정보를 근간으로 자동화 컨테이너터미널을 도입하는데 노력을 기울이고 있는데 이러한 자동화 컨테이너터미널의 도입 동기는 다음과 같다. 첫째, 미국, 북유럽 및 일본과 같이 인건비 비중이 높은 나라에서는 국가적 차원에서의 자동화를 추진하여 이를 해결하고자 하였다. 둘째, 운영사들은 자동화를 통하여 속도, 신뢰도 및 효율성 향상이라는 목표를 달성하고자 하였다.

초기의 자동화 컨테이너터미널은 "Matson's Mousetrap"이라고 불리는 시스템으로서 안벽에서 장치장까지 이송장비로 운송하지 않고 Overhead Crane으로 옮기도록 되어 있었다. 이 방식을 채택한 터미널은 L.A.항(Container conveyer, Separated type), 리치몬드항(Integrated type), 이탈리아 La Spezia항(Integrated type of two layers)이었으나, 물동량 증가, 정보기술 및 첨단장비의 도입 등 환경변화에 부응하지 못하여 자동화 컨테이너터미널로서의 역할을 충실히 소화하지 못하였다.

이러한 변화를 감지하고 정부와 산업체의 강력한 의지로 1993년 네덜란드 로테르담항에 세계 최초의 완전 자동화 컨테이너터미널이 건설·운영되면서 실질적인 자동화 컨테이너터미널의 시대가 시작되었다. 뒤를 이어 독일의 CTA와 CTB, 네덜란드의 유로막스(Euromax)와 Maasvlakte 2, 벨기에의 게이트웨이(Gateway) 터미널, 영국의 테임즈포트, 미국 버지니아주의 Portsmouth 터미널, 일본의 가와사키와 나고야항의 TCB, 싱가포르의 PPT, 홍콩의 HIT, 대만 카오승항의 EMC와 타이페이 터미널, 중국 상해의 공 컨테이너 장치장, 호주의 브리즈번 등에서 자동화 컨테이너터미널을 운영 중이거나 건설 중에 있다.

이러한 자동화 컨테이너터미널들 중 영국 테임즈포트의 경우 투자 자원 부족으로 부분 자동화에 머물렀고, 싱가포르와 일본의 경우 무인이송장비를 도입하였으나 낮은 기술력 및 자동화 운영수준으로 제대로 활용되지 못하고 운영에 실패하였다.

2. 국내 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영현황

우리나라의 경우 약 10년 전부터 자동화를 시도하였으나 아직까지 완전한 자동화 컨테이너터미널 건설이 이루어지지 않고 있다. ECT가 자동화 컨테이너터미널을 운영한 2003년부터 우리나라도 자동화의 필요성을 인식하고 자동화 컨테이너터미널 건설을 위한 당위성 확보, 경제성, 기술개발 등을 위해 정부 및 산·학·연의 꾸준한 추진으로 공감대 형성 및 기반 기술을 확보할 수 있게 되었으나, 이러한 노력을 현실화시키는 데에는 많은 어려

움이 있다. 실제 PECT는 주변항만과의 경쟁력 우위확보를 위해 생산성 향상과 운영비 절감, 친환경 하역장비 설치 및 운영방안으로 4번 선석에 해당되는 장치장에 자동 RMGC를 도입하여 운영하고 있고, 광양항은 2001년부터 2008년까지 3선석의 규모의 자동화 컨테이너터미널 개발 계획을 수립하여 추진하였으나 트리거룰(Trigger Rule) 방식으로 변경됨에 따라 개발이 보류된 상태이다.

부산신항 1-2, 2-1, 2-2단계 컨테이너터미널은 PECT 4번 선석과 같이 수평형 야드 자동화로 건설 중이고 2-3, 2-4단계는 수직형 자동화로 개발 중이며 서측 컨테이너 부두(2-5, 6 단계) 또한 수직형 자동화로 개발할 계획을 수립하고 있다. 그러나 아직 완전한 형태의 자동화 컨테이너터미널을 운영하고 있는 곳이 없어 향후 발생될 다양한 문제를 해결해 나가야 할 것으로 판단된다.

3. 국내·외 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영현황 종합 분석

앞서 분석한 국내·외 자동화 컨테이너터미널의 기본적인 특징을 열거하면 다음과 같다.⁵⁾

- 수직배치형 야드(내·외부 이송장비 운송경로 분리)
- 외부트럭의 야드 내 진입금지
- 야드 크레인의 생산성 제고를 위한 운영전략
- 자동 이송장비 생산성 제고를 위한 동적경로 선정전략
- 자동화 구역에 대한 안전지대 설치
- 예외 및 긴급 상황에 대한 컨틴전시(Contingency) 플랜 수립

대부분의 자동화 컨테이너터미널은 물동량의 증가, 선박대형화, 정보통신기술 변화, 첨단 기술개발, 인건비 증가 등 다양한 환경 변화에 대응하기 위해 정부와 산업체가 주축이 되어 개발을 시작한 것으로 파악되었다.

초기에는 자동화에 대한 경험 및 전문인력의 부재, 환경변화에 대한 대처능력 부족 등으로 적지 않은 혼란을 경험하였다. 이와 같은 터미널 운영초기에 나타난 주요 문제점은 다음과 같다.

- 자동화 컨테이너터미널의 개발을 위한 국가적 차원에서의 명확한 가이드라인 부재
- 관련 기관간의 상호 연계 부족
- 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영에 노하우를 보유한 기관의 참여 미흡
- 핵심 기능 위주의 운영 우선, 부가적이고 복잡한 문제해결 전략 부재
- 장비관련 핵심 기술습득 및 충분한 실전운영 테스트 부족

5) 최형림 외, "전계논문", pp.63.

- 첨단장비 및 정보시스템 전담 전문인력 부재
- 자동화 터미널 운영에 적합하지 않는 시스템 선택
- 장기적이고 지속적인 하역 및 정보시스템 업그레이드 계획 미비
- 다양한 예외상황에 대한 준비 부족

이상의 분석결과로 보아 자동화 컨테이너터미널 개발과 운영 초기에 기대한 목표달성을 위해서는 개발에 참여하는 운영사, 지원 및 관계기관의 다각적인 노력과 참여사들이 명확한 역할수행이 이루어져야 함을 알 수 있다.

종합하면 우리나라의 자동화 컨테이너터미널 개발 관련주체는 공공기관, 산업체, 연구기관(학교), 민간단체이며, 각 주체의 역할은 다음 <표 2>와 같이 정리할 수 있다.⁶⁾

<표 2> ACT 개발 관련주체 및 역할

구 분		내 용	
공공기관 (정부, 지자체, 항만공사)	정책 지원	항만법 개선	• ACT 건설관련 법적 기준 마련 • ACT 운영과 관련한 기준 마련(통신 및 전파, 안전기준, 장비운영 및 검사 기준, 환경오염 등)
		ACT 개발 촉진법(가칭) 제정	• 선진 연구소 및 기업유치를 위한 행정절차 간소화 • ACT 개발 시 각종 혜택 제공 및 개발 유도 정책
	재정 지원	항만개발	• 각종 지원금
		항만운영	• ACT 개발 후 안정화 기간에 대한 보장(보조금 지원 등) • 자동화 시설 투자에 따른 각종 세제 혜택
		자동화 관련 기술개발	• 신기술 개발 지원 • 핵심 요소 기술을 보유한 중소기업 우대(지원금)
		항만인력양성	• 전문 인력양성을 위한 재정(예: 장학금) 마련 및 지원 • 국외 관련 우수 연구기관 및 교육기관 유치
	개발 및 운영 주체 확립	시설개발	• 각종시설 개발시 명확한 개발 주체 설정 (예: 하부시설은 정부, 상부시설은 민간이 개발담당 등)
		시설운영	• 어떤 기관에서 ACT 운영을 담당할지 역할 규명
		홍보	• 우리나라 항만의 브랜드화 전략 수립 및 홍보에 활용(예: 벨기에 엔트워프 '유연한 노조', 싱가포르 '높은 생산성') • ACT 발전을 위한 다양한 협의체 구성 및 정기적인 사업설명회 개최를 통해 인지도 향상
	관리 지원	항만 건설관리	• 건설시 ACT 건설 기준에 적합인지 관리/감독 및 지원
항만 운영관리		• 운영시 ACT 운영 기준에 적합인지 관리/감독 및 지원 • 항만운영시 발생하는 애로사항 해소 지원 • 세계 항만물류 표준화기관과 연계하여 국가의 이익을 반영할 수 있도록 표준화 제정에 대한 노력 집중	

6) <표 2>의 내용은 관련 주체별 다수의 전문가를 대상으로 인터뷰를 실시하여 도출한 결과임

		항만기술개발 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 국가에서 지원하는 연구개발이 제대로 수행될 수 있도록 관리 및 지원
		항만 인력관리	<ul style="list-style-type: none"> • ACT 분야별 전문인력 Pool 구성 및 관리 • ACT관련 국가 인증 자격제도를 통한 인력 관리
산업체	기술 개발	기초기술개발	<ul style="list-style-type: none"> • 자동화 부품 및 (기)자재 원천(기초)기술 확보
		응용기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 자동화 장비 및 기기 응용기술 개발 • 국외의 선진기술 수입을 통한 기술 개선
	인력 양성	산학연계	<ul style="list-style-type: none"> • 산학 공동연구 추진(예비 인력에게 현장 실무경험습득 기회 제공) • 국내·외 여러 관련 기관과의 공동연구 추진
		재교육	<ul style="list-style-type: none"> • 기업체 사내의 ACT 교육 활성화
연구 기관 /학교	연구 개발	교육 인프라 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 선진 항만물류 교육기관과의 제휴 및 우수한 커리큘럼 벤치마킹 • ACT관련 각 분야별 체계적인 교육을 위한 교육과정 및 교재 개발 • 고급 인재양성을 위한 전문교육기관(대학원) 설치
		기술개발	<ul style="list-style-type: none"> • ACT관련 분야(개발, 정보시스템, 장비 등)의 원천기술 및 응용기술 개발 • 한국형 ACT 모델 개발 • 국외 우수한 항만물류 전문 연구기관과 기술제휴
	인력 양성	신진인력 양성	<ul style="list-style-type: none"> • ACT 분야별(항만개발, 장비, 운영, 정보시스템 등) 전문 인력 양성
		재직자 재교육	<ul style="list-style-type: none"> • 최신 장비와 운영정보시스템 등 변화하는 장비와 정보시스템에 대해 재직자 중심의 재교육 시행
민간 단체	정책 모니 터링	<ul style="list-style-type: none"> • 정부에 의해 시행되는 다양한 정책의 진행상황 모니터링 • 환경변화에 따라 새롭게 대두되는 문제해결을 위한 정책 제언 	
	정책 개발		

이상의 내용을 기반으로 각 주체별로 어떤 역할을 우선시해야 국내 자동화 컨테이너터미널이 성공할 수 있는지 관련 전문가를 대상으로 AHP 기법을 활용한 설문조사를 실시하고 결과를 분석하였다.

V. AHP 기법을 활용한 자동화 컨테이너터미널 발전방안 분석

1. AHP 적용절차

AHP는 목표, 기준, 대안 등으로 구성된 다수준의 계층적 구조(multi-level hierarchical structure)를 이용한다. 목표와 기준들을 계층적으로 조직화하는 이유는 문제 상황에 내재

7) 엔트워프는 '유연한 노조', 싱가포르는 '높은 생산성' 등 세계유수 항만의 경우 특정한 이미지가 고객들에게 널리 인식됨으로써 환적화물유치에 긍정적으로 작용, 해양수산부 내부자료, 2006.7.

되어 있는 복잡한 관계를 개관하고, 각 수준의 문제가 동일 차원의 크기인가를 평가하게 함으로서 동질성을 유지하기 위함이다⁸⁾.

AHP를 이용한 문제해결절차에서 대상문제에 대한 목표와 기준들의 계층화가 이루어지고 나면, 쌍대비교를 통해 의사결정 기준들에 대한 가중치를 결정하게 된다.

쌍대비교 시 가중치 계산절차는 복수의 계층구조로 되어 있는 경우, 상위 가중치를 계산해서 이를 하위 수준 기준들의 가중치 계산에 이용함으로써 전체에 대한 가중치를 계산하게 된다. 이러한 절차는 최하위 수준까지 반복되며, 다수의 의사결정자가 쌍대비교에 관여하게 되면, 각 기준에 대한 가중치는 각 평가자들의 쌍대비교 결과치에 대한 기하평균을 통해 결정한다⁹⁾.

앞서 서술한 AHP의 문제해결절차는 다수의 상용화된 프로그램에서 제공하고 있으며, 대표적인 S/W로 Expert Choice나 LINDO와 같은 제품이 있다. 특히 Expert Choice는 AHP 모형을 시각화하는데 효과적이다¹⁰⁾. 본 연구에서는 Expert Choice 2000을 활용하여 설문조사 결과를 분석하였다.

2. 우리나라 ACT 발전을 위한 핵심요인 계층화

우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인을 도출하기 위해 선행연구들은 대부분 자동화 컨테이너터미널 적용 장비 및 정보시스템 개발과 관련된 세부 항목의 비교·분석 위주였다.

기존 연구와 달리 본 연구에서는 특정 기술이나 정책을 모두 포함하여 종합적인 관점에서 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인 분석을 위해 아래와 같이 관련 전문가를 대상으로 설문과 면접조사를 실시하여 관련 주체를 파악하고, 각 주체별로 수행해야하는 세부역할을 도출하였다.

- 기간: 2007년 9월 15일 ~ 25일 - 파일럿 테스트,
2007년 10월 25일 ~ 11월 15일 - 본 설문조사
- 방법: 전문가 면접조사
- 대상: 자동화 컨테이너터미널 관련 기관(공공기관, 연구기관/학교, 산업체, 민간 단체) 전문가
- 주요내용: 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전과 관련된 주체 및 주체별 기능

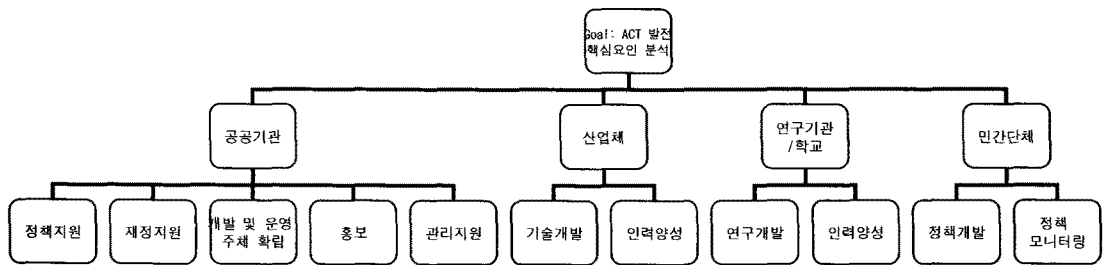
8) Yang, J., and H. Lee, "An AHP Decision Model for Facility Location Selection," *Facilities*, Vol.15, No.9/10, 1997, pp.241-254.

9) Aczel, J. and T. L. Saaty, "Procedures for Synthesizing Ratio Judgments," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 27, 1983, pp.93-102.

10) Forman, E., and T. L. Saaty, *Expert Choice Software package for IBM PC*, Pittsburgh, Expert Choice, Inc., 1983-1990.

본 연구에서 기존의 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영사례를 분석한 결과, 각 나라 별로 상황에 따라 공공기관, 연구기관/학교, 산업체, 민간단체 등이 크건 작건 세부적으로 영향을 끼쳤으며 지속적인 발전을 위해서도 각 기관별 역할이 매우 중요함을 알 수 있었다. 위의 조사결과에서도 4개의 관련기관(공공기관, 연구기관/학교, 산업체, 민간단체 - <그림 4> 참조)이 우리나라 자동화 컨테이너터미널 성공을 위한 주체라는 결과가 나타났다.

또 각 주체별 주요기능으로 11개 항목(정책지원, 재정지원, 개발 및 운영주체 확립, 홍보, 관리지원, 기술개발, 인력양성, 연구개발, 정책개발 등)을 도출되었고, 각 세부내용을 파악하였다.



<그림 4> 우리나라 ACT 발전을 위한 관련 주체 및 주체별 기능 계층도

3. 우리나라 ACT 발전을 위한 핵심요인 분석

1) 설문조사

‘우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인 분석’ 설문은 2007년 11월에 공공기관, 산업체, 연구기관/학교, 민간단체를 대상으로, 이메일, 모사전송, 우편 및 방문조사를 병행하여 조사를 수행하였다. 설문의 회수결과, <표 3>과 같이 공공기관으로부터 56부, 산업체 62부, 연구기관/학교로부터 14부, 민간단체 10부, 총 142부가 회수되었다.

<표 3> 설문지 배포, 회수 및 유효부수 현황

설문지 배포대상	배포방법	배포 부수	회수 수량	유효 부수	분석 불가능	CR>0.20
공공기관	이메일, 우편	79	56	18	8	30
산업체	모사전송 및 이메일	84	62	39	5	18
연구기관/학교	모사전송, 이메일 및 방문조사	49	14	12	1	1
민간단체	모사전송 및 이메일	12	10	6	1	3
총 계		224	142	75	15	52

그러나 AHP 기법에 의거한 일관성 문제로 실제 유효한 설문지는 공공기관 18부(32%), 산업체 39부(63%), 연구기관/학교 12부(86%), 민간단체 6부(60%)로 총 75부(53%)가 유효하였고 그 현황은 <표 3>과 같다. 이렇게 회수한 설문부수에 비해 유효한 설문지가 적은 이유는 설문응답자의 무성의, 설문작성요령의 미숙지 등에 그 원인이 있는 것으로 보인다. 공공기관의 경우 전체 문항에 동일한 답변만하여 일관성 비율(Consistency ratio; CR¹¹)이 0.00인 설문지, 한 질문에 대해 두 곳에 체크하여 분석이 불가능한 경우, 숫자에 체크하지 않은 등의 유효하지 못한 설문이 회수부수 전체의 14%를 차지하고 있다. 또한 일관성비율이 떨어지는(CR>0.20) 경우가 30부(54%)를 차지하고 있다. (기존)컨테이너터미널 운영업체, 선사 및 운송사 등 산업체의 경우에도 <표 3>에서 보는 바와 같이 설문응답에 무성의하거나 요령 미숙지 등의 이유로 분석이 불가능한 경우가 발생하였다.

조사 대상의 수행 업무 성격의 차이가 요인의 중요도에 영향을 미칠 수 있으므로 공공기관, 산업체, 연구기관/학교, 민간업체 각각에 근무하고 있더라도 수행 업무의 특성을 고려하여 재조정하였다. 이에 따라 실제 분석에 이용된 설문지의 현황은 앞서 제시한 <표 3>의 유효부수 결과와 같다.

2) 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 1차 핵심요인 분석

우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인들에 대한 계층구조에서 제2계층에 해당하는 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 1차 요인에 대한 설문조사 대상 및 분석결과는 <표 4>, <표 5>와 같다.

유효부수 분석결과 <표 5>와 같이 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 관련 주체 중에서 공공기관 41%(중요도: 0.406), 연구기관 32%(중요도: 0.316), 산업체 15%(중요도: 0.154), 민간단체 12%(중요도: 0.124)의 순으로 그 역할이 중요하다는 결과가 나타났다.

<표 4> 설문조사대상자 현황

구 분		인원 수
담당업무	항만건설	48
	기계	62
	경영	21
	IT	11
	소계	142
직책	최고경영자	-
	임원	23
	중간관리자	68
	연구원	14
	기타	37
	소계	142

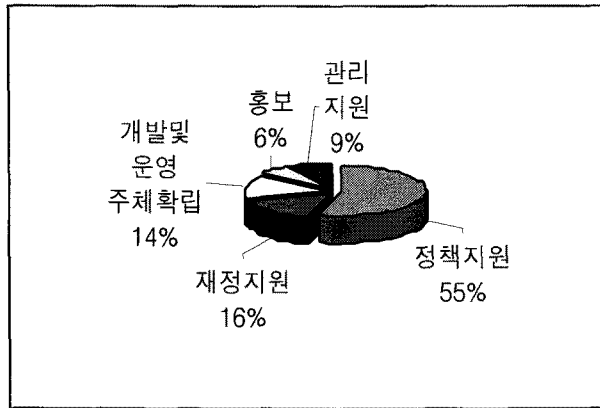
<표 5> 핵심 1차 요인 분석

우리나라 ACT 발전 주체	전체	
	중요도	순위
공공기관	0.406	1
산업체	0.154	3
연구기관/학교	0.316	2
민간단체	0.124	4
합 계	1	-

11) AHP 기법 활용시 최근 연구 경향으로 볼 때 Consistency Ratio 비율은 0.2 이하를 기준으로 하는 것이 적합하다고 가정함

3) 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 2차 핵심요인 분석

앞서 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 1차 요인에 대한 분석에 이어, 1차 요인의 세부구성항목들인 2차 요인(정책지원, 재정지원, 개발 및 운영주체 확립, 홍보, 관리, 기술개발, 인력양성, 연구개발, 인력양성, 정책 모니터링, 정책개발)에 대한 분석을 각 1차 요인 그룹별로 수행하였다. 먼저 공공기관의 각 요인들을 분석결과는 <그림 5>와 같이 정책지원이 55%(중요도: 0.541)로 중요도가 가장 높아, 무엇보다 정부의 정책적 지원이 필수라는 사실을 확인할 수 있었고, 다음으로 재정지원 16%(중요도: 0.612), 개발 및 운영주체 확립 14%(중요도: 0.144), 관리 9%(중요도: 0.090), 홍보 6%(중요도: 0.063) 순으로 나타났다.



<그림 5> 2단계 핵심요인 분석 결과_공공기관

다음으로 산업체 부문의 요인(기술개발, 인력양성)은 <표 6>과 같이 두 가지 요인의 비중이 동일한 것으로 나타났다.

<표 6> 산업체 요인의 중요도 비교

산업체	전체	
	중요도	순위
기술개발	0.500	1
인력양성	0.500	1
합계	1	-

<표 7> 연구기관 요인의 중요도 비교

연구기관/학교	전체	
	중요도	순위
연구개발	0.833	1
인력양성	0.167	2
합계	1	-

세 번째로 연구기관/학교의 경우는 연구개발의 비중이 83%(중요도 0.833)으로 월등히 높았고, 인력양성에 관한 비중은 17%(중요도: 0.167)이었다(<표 7>참조).

끝으로 민간단체 관련 세부 요인간 중요도는 정책 모니터링이 83%(중요도: 0.833), 정책개발이 17%(중요도: 0.167)로 나타났다(<표 8>참조).

<표 8> 민간단체 요인의 세부항목별 중요도 비교

민간단체	전체	
	중요도	순위
정책 모니터링	0.833	1
정책개발	0.167	2
합계	1	-

VI. 결 론

본 연구에서는 크게 다음과 같은 3가지 문제를 다루고자 하였다. ‘첫째, 자동화 컨테이너터미널의 개념과 이에 적용된 기술과 운영방식이며, 둘째, 국내·외적으로 운영되고 있는 자동화 컨테이너터미널 개발 계획을 어떻게 수립하였고, 개발 주체는 누구이며, 이들 주체의 역할은 무엇인가? 그리고, 개발시에 수립하였던 계획과 이후 실제 운영상의 차이점은 무엇인가? 셋째, 앞선 분석결과를 기반으로 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위해서 어떤 기관이 주체이며, 이들의 주요 역할은 무엇이며, 또 각 역할별 우선적으로 추진해야 할 과제는 무엇인가?’이다.

위와 같은 문제해결을 위해 자동화 컨테이너터미널과 관련된 선행연구가 어느 부분에 집중되어 있는지 검토하여 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 거시적이고 종합적인 관점에서 접근이 필요하다는 연구의 타당성을 확보하였다. 또, 국내·외 자동화 컨테이너터미널 운영현황을 분석하여 이의 개발 및 운영과 관련된 기관을 파악하고 각 기관별 주요 역할을 정리하였다.

이를 기반으로 공공기관, 산업체, 연구기관/학교, 민간단체가 자동화 컨테이너터미널과 관련된 주체이며, 이들이 각각 수행해야 할 역할 중 무엇에 우선순위를 두어 추진해야 하는지 AHP 기법을 활용하여 조사·분석하였다.

본 연구결과는 향후 우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영을 위한 중장기 계획 수립 시 기본적인 지침이 될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구 수행 시 몇 가지 한계점이 있었다. 첫째, 전 세계 자동화 컨테이너터미널을 대상으로 조사·분석 작업 수행하였으나, 각 자동화 컨테이너터미널 관련 자료 수집정도가 상이하여 이를 일관된 기준 아래 정리하는데 어려움이 있었다. 이는 국외 자료 수집시에 자동화 컨테이너터미널 도입과 운영에서 얻은 노하우 관련 자료에 접근하기 어려웠고, 특히 실패사례나 운영정보 및 적용기술은 외부적으로 경쟁항만에 노출시키지 않으려는 경향이 강하였다. 둘째, 설문지 조사 수행에 있어 응답자들의 자동화 컨테이너터미널 개념에 대한 인식의 차이와 조사방법론에 대한 이해도가 낮아서 유효한 응답을 얻어내는데 상당한 시간이 소요되었고, 이 문제 해결 이후에도 회수한 총 부수에 비해 만족할만한 수준의

유효 부수를 얻지 못하였다. 마지막으로 본 연구에서는 보다 하위 단계의 세부적인 요인의 도출과 요인간의 상관관계 분석이 부족하다. 따라서 이러한 한계점을 극복하는 것이 향후 연구 과제라 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 박경택, "자동화 컨테이너 터미널", 『대한조선학회지』, 34(1), 1997.
2. 김범중, "自動化 컨테이너터미널 運營 動向", 『해운산업연구』, 150호, 1997.3.
3. 박정천, "자동화 컨테이너터미널 개발", KDI 경제정보센터, 2000.10.
4. 최형림·유동호·박남규·박병주·권해경, "자동화 컨테이너터미널 개발 전략에 관한 연구: 외국 의 사례를 중심으로", 『해운물류연구』, 제47호, 2005.12.
5. 박남규·최형림·이창섭, "AHP기법을 활용한 자동화 컨테이너터미널 운영목표 설정에 관한 연구 ", 『해운물류연구』, 제40호, 2004.3.
6. Aczel, J. and T. L. Saaty, "Procedures for Synthesizing Ratio Judgments", *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 27, 1983
7. Davey, A., and D. Olson, "Multiple Criteria Decision Making Models In Group Decision Support", *Group Decision and Negotiation*, Vol.7, 1998
8. Davies, M., "Adaptive AHP: A Review Of Marketing Applications With Extensions", *European Journal Of Marketing*, Vol.35, No.7/8, 2001, pp.872-893.
9. Forman, E., and T. L. Saaty, Expert Choice Software package for IBM PC, Pittsburgh, Expert Choice, Inc., 1983-1990.
10. Hyung Rim Choi, Nam Kyu Park, Dong Ho Yoo, Hae Kyung Kwon, "A Study on the Type of Automatic Yard Operation for a Container Terminal" 한국항만경제학회지 제22집 제 2호, 2006. 6
11. Thomas Koch, "Automated Container Terminals: Benefits for Operators and their Clients", International Symposium Busan, 2003.9.
12. Triantaphyllou, E., and S. H. Mann, "Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges", *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol.2, No.1, 1995.
13. UNCTAD, Seminar on Container Terminal Management, 1983.
14. Yang, J., and H. Lee, "An AHP Decision Model for Facility Location Selection", *Facilities*, Vol.15, No.9/10, 1997.

< 요약 >

우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인 분석에 관한 연구

전영환 · 최형림 · 유동호 · 윤수진

본 연구는 변화하는 해운물류환경에 대응하고, 경쟁 항만과의 치열한 물류거점 경쟁에서 우위를 확보하기 위해, 국내의 자동화 컨테이너터미널의 발전을 위한 핵심요인이 무엇인지 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영과 관련된 주요기관을 중심으로 도출하고자 하였다.

국내·외 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영 현황분석과 국내의 관련 전문가 면접조사를 통해 공공기관, 산업체, 연구기관/학교, 민간단체가 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영에 영향을 주는 주체임을 파악하였고, 각 기관별로 세부 기능을 도출하였다. 이를 기반으로 AHP 기법을 활용한 설문조사로 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위해 공공기관, 연구기관/학교, 산업체, 민간단체의 순으로 중요도가 분석되었는데 이에 따른 각 주체들의 여러 역할 간의 우선순위도 분석하였다.

이러한 연구의 결과는 향후 우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 및 운영시 중요한 지침을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

□ 주제어: 자동화 컨테이너터미널, ACT 유형, ACT 운영현황, ACT 발전방안, AHP