

# 미래를 선도하는 스마트 항만물류기술

최상희 (한국해양수산개발원)

## I. 서론

미래 사회는 다양한 분야에서 급격한 변화가 예견되고 있다. 복지 및 문화분야에서 인구감소, 고령화 사회로의 진전에 따른 노동력 부족, 경제·산업적 측면에서 서비스 산업의 고도화에 따른 지식서비스 산업 집중 육성, 에너지·자원측면에서는 기후변화 심화에 따른 신재생에너지의 등장, 탄소배출 규제 강화, 과학기술·IT측면에서는 기술간 융합 가속화에 따른 신성장 기술 등장 등이 예견된다. 이에 따라 항만물류분야에서도 노동력 부족에 따른 자동화 물류시스템의 보편화, 지식기반서비스 산업의 확대에 따른 항만물류시스템의 고도화, 탄소배출 저감을 위한 CO<sub>2</sub>제로 항만의 등장, 신성장 동력 창출에 대응하는 신개념 첨단항만의 등장 등 10년 이내 새로운 항만물류분야의 변화가 급속하게 진전될 것이다.

세계 경제중심축이 유럽, 미주에서 아시아로 이동하고 있으며 컨테이너선의 초대형화, 항만물류기술의 융복합 및 고부가가치화 진전으로 주요항만들의 첨단화, 허브화 경쟁이 보다 심화되고 있다. 따라서 세계 각국은 미래 첨단 중심항만 입지 확보를 위해 선도적인 첨단기술 적용과 새로운 개념의 스마트 항만기술 연구·개발에 박차를 가하고 있다.

이와 더불어 해운항만 친환경분야에서는 2020, 2050년까지 CO<sub>2</sub>배출량 30%(국내), 50%(해외) 저감 목표를 설정하였으며 탄소배출 저감을 위한 녹색산업 체제를 강화하고 있는 추세로서 녹색기술의 신성장 동력 사업화에 강력한 드라이브를 걸고 있다.

따라서 본 연구에서는 항만을 중심으로 변화되는 글로벌 물류환경의 변화와 첨단기술 동향들을 소개하고 미래를 선도하는 스마트 항만물류기술의 개발방향을 제시하고자 한다.

## II. 물류의 개념과 항만물류기술

### 1. 물류의 개념

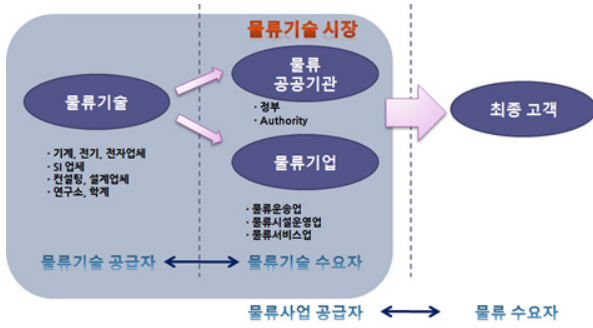
1991년에 제정된 화물유통촉진법에서 물류는 재화가 공급자로부터 수요자에게 전달될 때까지 이루어지는 운송, 보관, 하역, 포장과 이에 관련된 정보통신 등의 경제활동을 물류라 정의하고 있다. 물류사업은 크게 화물운송업, 물류시설 운영업, 물류서비스업 등 3가지로 구분되고 있으며 이중 항만과 관련된 세부적인 관련산업은 <표 1>과 같이 7개 분야로 나누어지고 있다.

물류영역은 조달물류, 생산물류, 판매물류, 반품물류, 회수물류 및 폐기물류 총 6가지 영역으로 나누어지며 원자재, 부품 등을 공급지에서 기업의 창고로 입회시키는 과정의 조달물류가 일반적으로 항만물류에서 많이 사용되는 영역이다. 이와 같이 조달물류과정에서 항만, 항만배후단지의 물류거점을 거치게 된다. 특히 항만물류에 관련된 사업중 해상화물운송업, 화물터미널 운영업 및 하역업, 창고업 등이 항만 및 항만배후단지를 대상으로 하는 대표적 물류산업이다.

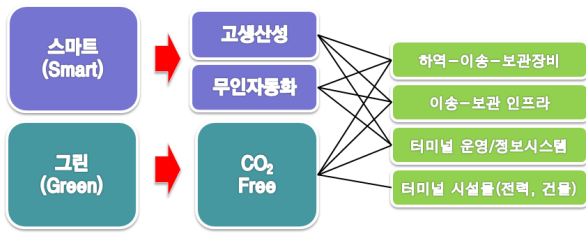
### 2. 항만물류기술과 스마트 항만

항만물류기술은 조달물류 영역에서 해운·항만 및 항만배후단지를 대상으로 화물운송, 물류시설운영 및 물류서비스를 수행하기 위해 물류의 기능(운송, 하역, 이송, 보관, 포장 및 정보)를 효율화, 친환경화, 안전화, 표준화시키는 시설, 장비 및 소프트웨어에 관한기술로 정의한다.

따라서 항만물류기술에 종사하는 기관들은 물류운송기업(선사, 운송사 등), 물류시설운영기업(터미널 운영사, 하역사



〈그림 1〉 물류기술 공급자와 수요자



〈그림 2〉 스마트 항만의 정의

등), 물류서비스기업(물류장비 임대, 물류 컨설팅 등)에게 물류서비스 활동을 원활하게 제공할 수 있도록 하드웨어나 소프트웨어를 제조, 판매, 컨설팅, 연구, 개발 하는 기관들을 의미한다.

항만물류기술은 항만, 배후단지과 관련시설에 대한 운송수단 관련기술, 인프라스트럭처에 관련된 기술, 하역, 이송, 보관 및 연계에 관련된 슈퍼스트럭처 기술, 운영 및 관리에 관련된 IT 및 시스템기술 등이 이에 해당된다.

본 연구에서 의미하는 스마트 항만은 다양한 항만기술분야에서 미래 항만의 첨단화, 청정화, 고도화를 달성하기 위하여 항만물류장비, 항만물류인프라, 항만운영시스템 및 관련 시설물의 무인자동화, 고생산성화, 그린화를 적용한 항만이다. 이는 스마트와 그린으로 나누어 볼 수 있으며 스마트는 고생산성, 완전무인자동화, 그린은 CO<sub>2</sub> 제로를 구현하는 항만내 하역-이송-보관장비, 이송-보관인프라, 운영시스템 및 관련시설물을 지칭한다.

## II. 물류환경변화전망

### 1. 글로벌 물류산업의 변화

최근 글로벌 물류산업의 추이를 살펴보면 2008년 미국에서 촉발된 글로벌 금융위기, BRICs 중 중국, 인도의 급성장, 2011년 유럽의 재정위기, 베트남, 인도네시아, 필리핀 등 동남아 신흥시장의 부상 등 세계 물류산업의 중심축이 아시아

로 이동하고 있음을 알 수 있다.

또한 세계 물류서비스 시장이 가열되면서 제3자 물류시장이 급속히 확대되고 있으며 관련기업들의 M&A를 통한 대형화, 독과점화 추세가 치열하게 전개되고 있다. 이와 더불어 물류기술혁신과 물류비 절감노력에 따라 해상운송, 내륙운송 수단들의 초대형화, 고속화가 진행되고 있다. 환경적 측면에서는 기후변화 심화에 따라 탄소배출 목표관리제, 탄소배출 거래제 등의 탄소배출 규제 정책에 따라 친환경 물류가 미래의 신산업을 이끌어 갈 것이라는 전망도 나오고 있다. 또한 유가의 급등에 따른 신재생 에너지, 동력비 절감 등 물류비 절감을 위한 대응산업이 요구되고 있다. 이와 같이 글로벌 물류산업은 다양한 방면에서 급속한 변화를 가져오고 있으며 특히 글로벌 물류를 중심으로 하는 항만물류와 관련기술 산업은 더욱 극심한 변화가 예상된다.

### 2. 선박의 초대형화와 항만의 고생산성화

컨테이너선은 화물을 포장하는 데 가장 표준화된 컨테이너를 운반하는 운송수단이다. 현재 1950년 최초 50TEU급 컨테이너선이 등장한 이후로 60년만에 약 300배 증가한 1만5천TEU급 컨테이너선이 운항되고 있다(〈표 2〉 참조).

컨테이너선의 대형화는 항만물류에 있어서 매우 중요한 변화요인이다. 컨테이너선의 규모 변화에 따라 기항가능한 항만의 수는 제한적이 될 수밖에 없다. 즉 선박의 길이, 폭, 흘수에 따라 항만의 수심, 작업하는 안벽크레인의 크기, 항만의 생산성 등이 제약조건으로 작용하게 된다. 예를 들어 1만5천TEU 급의 선박흘수는 DL(-)16.5M 내외, 길이는 400M 내외, 폭은 60M 내외로서 수심이 얕거나 크레인 아웃리치가 작은 장비를 가진 항만에는 기항이 불가능하다. 또한 선사는 대체적으로 약 24~36시간 이내 컨테이너 양적하<sup>1)</sup>가 가능한 높은 생산성을 가진 항만을 선호한다.

일반적으로 선박을 건조하는 기간은 약 3~4년 내외, 항만을 건설하는 기간은 5~7년 내외로서 향후 등장할 선박을 선박의 규모변화, 초대형선을 처리하기 위한 고생산성 하역시스템 개발 등에 미리 대응하지 못한다면 아시아, 글로벌 중심항만항만의 길은 요원하게 될 것이다.

2011년 세계 1위 선사인 머스크(Maersk)에서 1만8천TEU급 선박 20척을 발주하여 2013년 인도 받음 예정에 있다. 또한 머스크 계열의 APM 터미널들의 경우 2만2천TEU급 선박에 대응할 항만과 하역시스템 등을 준비하고 있다. 다음과 같은 이유로 향후 2020년 이내 2만5천~3만TEU급 선박이 등장할 가능성도 배제할 수 없다.

1) 선박에서 안벽크레인에 의해 화물을 내리는 것을 양하, 선박에 화물을 싣는 것을 적하라 함

- 화물의 대량운송에 따른 TEU당 운송원가 인하, 연료소비량 감소, 선원수 절감, CO<sub>2</sub> 배출량 감소 등
- 기술발전으로 인한 신조선 건조단가의 하락
- 국가간 교역량 증대에 따른 수출입 물동량 운송능력 확대

〈표 3〉 자동화터미널의 건설추이

| 년도 | '93 | '96 | '02 | '06 | '08 | '10 | '11 | '12 | '13 | '14 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 개수 | 1   | 1   | 2   | 1   | 1   | 3   | 4   | 3   | 4   | 3   |
| 누계 | 1   | 2   | 4   | 5   | 6   | 9   | 13  | 16  | 20  | 23  |

### 3. 항만의 무인자동화

1993년 세계 최초로 무인자동화 항만이 등장했다. 네덜란드 ECT는 유럽에서 높아져 가는 인건비 문제 해결, 기술의 진전에 따라 항만에서 무인자동화 운영을 추진했다. 세계 최초의 무인자동화 항만인만큼 약 10년동안의 수많은 시행착오를 거쳐 이제는 4세대 자동화 터미널을 운영하여 재래식 터미널에 비해 생산성을 높이면서 인건비를 1/3로 줄이는 획기적 시스템으로 자리잡고 있다. 그러나 완전 무인자동화는 초기 투자비가 재래식 터미널에 비해 고가이고 상당한 기술력을 보유하지 않고는 개발 및 운영이 어려워 세계적으로 네덜란드, 독일, 싱가포르 등 특정한 선진항만에서만 운영되고 있다.

우리나라도 부산신항만에서 일부 야드에 대한 무인자동화 장비를 운영하고 있으나 완전한 무인자동화가 아닌 원격조정 방식에 의한 야드장비 제어시스템을 갖추고 있다.

위에서 언급한 바와 같이 미래는 인구감소, 고령화 사회로의 급진전, 기술의 융합 등에 따라 항만에서의 무인자동화시스템은 보다 더 보편화 될 것으로 예측된다. 1993년 첫 자동

화터미널이 건설된 이후 2009년까지 0~1개씩 자동화터미널이 건설되어 왔으나 2010년 이후 3~4곳씩 자동화터미널이 건설되거나 예정중에 있다.

### 4. 항만의 친환경화

세계경제의 글로벌화에 따른 교역 확대와 개도국의 급성장에 의한 지구 온난화, 대기오염 증가 등 산업 전 분야에 걸친 기후변화 대응이 글로벌 어젠다로 등장하고 있다. 이에 세계 각국은 해운·항만물류 분야에서 2050년까지 CO<sub>2</sub> 배출량 50% 감축을 위한 목표를 설정하였다. 이에 대한 실질적 행동으로 2008년 7월, 세계 55개 항만은 '세계 항만기후선언'을 채택하였으며 항만, 내륙운송 부문의 탄소배출저감 실천을 합의하였다.

해외 선진항만에서는 온실가스 저감을 다양한 정책 수립, 기술개발 등을 통해 친환경 항만을 구축하고 있으며 일본, 미국, 네덜란드, 홍콩, 독일 등 온실가스 저감 정책과 에너지 절감형 장비 설치를 통해 친환경 항만을 구축하고 있다. 특히 네덜란드, 독일 등 자동화터미널을 운영하는 항만, 장비물류

〈표 1〉 항만물류 관련산업

| 대분류      | 중분류       | 소분류   | 비고           |
|----------|-----------|---|--------------|
| 화물 운송업   | 해상화물운송업   | 외항화물 운송업, 내항화물운송업   | 해양           |
|          | 파이프라인운송업  | 파이프라인 운송업   | 항만           |
| 물류시설 운영업 | 창고업       | 일반창고업, 공동집배송센터운영업, 냉장 및 냉동창고업, 농산물 창고업, 위험물품 보관업, 기타창고업                               | 항만배후단지       |
|          | 화물터미널 운영업 | (일반화물터미널, 해상터미널) 운영업, 하역업, 항만 및 관련화물처리시설 운영 및 하역업, ICD, CFS 등 화물취급장, 집배송단지, 유통단지 등 포함 | 항만<br>항만배후단지 |
| 물류 서비스업  | 화물취급업     | 육상/해상 화물취급 및 하역업 (취급:포장, 단순가공, 조립, 상표부착, 프로그램 설치, 품질검사 등 부가가치 물류업)                    | 항만배후단지       |
|          | 화물주선업     | (복합, 육상, 해상)운송주선업, 해운중개업  |              |
|          | 물류장비임대업   | 운송장비(화물자동차/화물선박) 임대업, 산업용(운반, 적치, 상하역, 기타)기계/장비 임대업, 운반용기 임대업, 컨테이너 및 팔레트 임대업         | 항만<br>항만배후단지 |
|          | 물류정보처리업   | 데이터베이스 구축, 소프트웨어 개발 및 운영 ESP, EDI/VAN 서비스 제공(통관업 포함)                                  | 항만<br>항만배후단지 |
|          | 물류컨설팅업    | 물류창고 업무프로세스 개선 및 관련 컨설팅 자동창고, 물류자동화 설비 등 도입관련 컨설팅 ERP, TMS, WMS, POS 등 솔루션 도입관련 컨설팅   | 항만<br>항만배후단지 |

자료: 물류정책기본법 시행령, 별표2를 수정보완

〈표 2〉 선박의 대형화 추세

| 구분  | '56 | '57 | '66 | '73   | '82   | '84   | '88   | '96   | 2002  | 2007   | 2011   | 평균증가율  |
|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| TEU | 58  | 266 | 783 | 1,096 | 2,500 | 4,258 | 4,300 | 6,000 | 8,000 | 13,300 | 18,000 | 17.13% |

기업 들은 배터리를 이용한 AGV(Automated Guided Vehicle) 등을 개발하여 시범운행중에 있다. 이러한 탄소배출 절감장치, 에너지원의 전기 전환, CO<sub>2</sub> 배출 모니터링시스템 등 다양한 스마트 기술들이 친환경 항만에 적용되고 있으며 그 시장은 날로 확대될 것으로 보인다.

### Ⅲ. 해외 첨단항만 운영동향

#### 1. 네덜란드 ECT(Europe Container Terminal)

ECT는 네덜란드의 로테르담 항만에 개발된 세계 최초의 자동화 컨테이너 터미널로 장치장 배치방법을 수평에서 수직)으로 변경 설계한 신개념 터미널이다. 현재는 수직배치의 컨테이너터미널이 다수 운영되고 있으나 당시는 세계에서 최초로 배치형태를 바꾼 획기적인 물류시스템이었다. 동 터미널은 컨테이너 운반차량(AGV: automated guided vehicle)과 야드하역장비(ASC: automated stacking crane)를 최초로 자동화한 무인 하역시스템을 개발하였다.

현재 세계에서 가장 큰 4곳의 자동화 컨테이너터미널을 운영하고 있으며 전체면적은 265ha, 안벽길이 3.6km, 수심은 DL(-) 16.65M에 이르는 초대형 항만이다.

ECT중 DMU를 제외한 3곳, Euromax는 완전무인자동화 운영되고 있다. 즉 안벽장비와 이송장비의 연계작업, 컨테이너 이송, 이송장비와 야드장비의 연계작업, 야드적재, 인출작

〈표 4〉 네덜란드 ECT 시설현황

| 구분     | 터미널        |              |                  |
|--------|------------|--------------|------------------|
|        |            | ECT          | Euromax (Phase1) |
| 인프라    | 총면적        | 265ha        | 84ha             |
|        | 안벽길이       | 3,6km        | 1,5km            |
|        | 수심         | DL(-) 16,65M | DL(-) 16,8M      |
| 슈퍼스트러처 | C/C        | 36           | 12               |
|        | AGV        | 265          | 96               |
|        | ASC(ARMGC) | 137          | (58)             |
|        | SC         | 38           |                  |
|        | Rail Crane | 4            | 2                |
|        | MTS        | 28           |                  |
|        | YT, RS     | 9, 3         | 18, 3            |
| 기타     | 냉동         | 3,250 소켓     | 2,136 소켓         |
|        | 최대선형       | 10,000TEU    | 15,000TEU        |

2) 수직배치란 선박의 접안방향에 대하여 야드에 적재되는 컨테이너가 수직방향으로 놓이며 야드의 블록배치 또한 안벽에 대하여 수직으로 길게 배치되어 있는 형태를 말함

〈표 5〉 터미널별 운영현황

| 터미널명                        | 개장연도 | 하역시스템          | 비고  |
|-----------------------------|------|----------------|---|
| DMU (Delta Multi User)      | 1984 | C/C-MTS-SC     | 수동터미널 (자동화터미널 건설 기반)  |
| DDN (Delta Dedicated North) | 1993 | C/C-AGV-ASC-SC | 완전무인 자동화터미널   |
| DDE (Delta Dedicated EST)   | 1996 | C/C-AGV-ASC-SC | 1. C/C : 대선박(유인), 대AGV(무인)<br>2. AGV : 무인<br>3. ASC : 대AGV(무인)<br>※ ASC 3단6열~5단6열                         |
| DDW (Delta Dedicated West)  | 2002 | C/C-AGV-ASC-SC |   |
| Euromax                     | 2010 | C/C-AGV-ARMGC  | 완전무인 자동화터미널<br>1. C/C : 대선박(유인), 대AGV(무인)<br>2. AGV : 무인<br>3. ARMGC : 대AGV(무인), 대RT(원격)<br>※ ARMGC 5단10열 |

주: C/C : Container Crane, MTS : Multi-Trailer System, SC : Straddle Carrier, AGV(Automated Guided Vehicle), ASC (Automated Stacking Crane), ARMGC(Automated Rail Mounted Gantry Crane)



〈그림 3〉 네덜란드 ECT

업 등이 모두 무인으로 수행되고 있다. 그러나 자동화 장비와 유인장비가 연계 작업이 이루어지는 곳은 원격조정으로 작업을 수행한다. 예를 들어 외부에서 운전자가 탑승한 차량에 대해 작업할 경우 중앙통제센터에서 원격조정으로 컨테이너를 싣고 내린다. 또한 안전을 위해 해측(자동화 구간) 과 육측(원격구간)의 분리운행을 수행한다.

#### 2. 독일 CTA(Container Terminal Altenwerder)

CTA는 1997년 항만생산성 증가, 서비스 향상, 물류비 절감을 위한 목적으로 자동화터미널 개발에 착수(운영사 HHLA)하였다. 5년의 개발과 시험운영 끝에 2002년 세계에

〈표 6〉 독일 CTA 시설현황

| 구분     | 현황          | 비고                 |   |
|--------|-------------|--------------------|---|
| 인프라    | 총면적         | 1.0km <sup>2</sup> |   |
|        | 안벽길이        | 1.4km              |   |
|        | 수심          | DL(-) 16.7M        |   |
| 슈퍼스트러처 | C/C         | 15                 | 세계 최초의 DHST(Dual Hoist Second Trolley) C/C 운영 |
|        | AGV         | 84                 |   |
|        | ASC (ARMGC) | 52                 |   |
|        | Rail Crane  | 4                  |   |
| 기타     | 냉동          | 2,100 소켓           |   |
|        | 최대선형        | 12,000TEU          |   |

서 2번째의 완전 무인자동화 컨테이너터미널 운영을 시작했다. 전체면적은 1.0km<sup>2</sup>, 안벽길이 1.4km(4berth), 수심은 DL(-) 16.7M인 초대형 터미널이다.

네덜란드 ECT를 벤치마킹하여 터미널을 개발하였으나 ECT와는 다소 다른 하역시스템을 운영하고 있다. 기본적인 운영은 완전무인자동으로 운영되고 있으나 안벽장비, 야드장비의 컨테이너 이동, 적재방식이 ECT와 다른 DHST(Dual Hoist Second Trolley) C/C, 5단10열의 ARMGC(블록당 2대 운용)를 운영하고 있다.

CTA 또한 완전무인자동화로 운영되고 있다. 안벽장비와 이송장비의 연계작업, 컨테이너 이송, 이송장비와 야드장비의 연계작업, 야드적재, 인출작업 등이 모두 무인으로 수행되고 있다. 더불어 자동화 장비가 작업하는 구간인 해측과 유인 트럭이 진입하는 육측구간을 엄격히 분리하여 운영한다.

〈표 7〉 CTA 장비 운영현황

| 구분        | 세부내용      | 비고    |
|-----------|-----------|-------|
| 선박작업(해측)  | 선박-C/C    | 유인화   |
| 선박작업(육측)  | C/C-AGV   | 무인자동화 |
| 이송작업      | AGV       | 무인자동화 |
| 야드작업(본선)  | AGV-ARMGC | 무인자동화 |
| 야드작업(반출입) | ARMGC-RT  | 원격조정  |

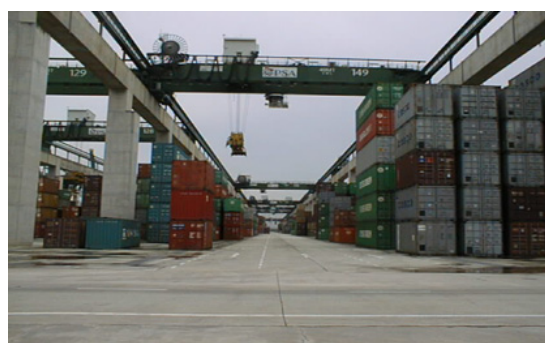


〈그림 4〉 독일 CTA

### 3. 기타 반자동화터미널

이외에 반자동화터미널로는 싱가포르의 PPT(Pasir Panjang Terminal), 벨기에 엔트워프항, 한국의 한진해운 신항만, 현대상선 신항 등이 있다. 동 터미널들은 야드장비만을 자동화한 시스템으로 터미널 내의 이동장비는 유인 야드트럭(YT)을 사용한다.

싱가포르나 벨기에의 경우 야드장비로서 천정형크레인(OHBC : Over Head Bridge Crane)을 사용한다. 한국의 경우 5단10열의 자동화 야드장비인 ARMGC를 사용한다. 동 시스템 모두 야드트럭이나 외부트럭과의 작업에 있어 원격조정을 이용하여 컨테이너를 싣고 내린다.



〈그림 5〉 싱가포르 PSA

## IV. 스마트 항만 R&D 동향

### 1. 중국 ZPMC의 친환경 자동화터미널

중국 ZPMC(Shanghai Zhenhua Heavy Industry Co., Ltd.)는 세계 최대의 항만하역장비 생산업체로서 2007년 세계에서 최초로 탠덤리프트(Tandem Lift)<sup>3)</sup> 방식의 완전무인 자동화 컨테이너터미널을 개발하였다. 이는 세계 최대의 하역장비 중공업업체인 ZPMC에서 자체비용으로 개발하여 현재 시험운행중에 있다. 개발의 목적은 전기를 이용하는 ①친환경적 터미널, ②고생산성의 컨테이너터미널을 개발 ③ 미래의 하역장비 신규시장 창출 ④ 세계 항만표준모델 선도를 목적으로 하고 있다.

터미널 운영은 수직배치 형태의 야드시스템을 가지고 있으며 안벽과 야드사이에 컨테이너 이동을 기존의 야드트럭이나 AGV가 아닌 별도의 레일시스템을 이용하도록 개발한 것이 특징이다. 안벽장비, 야드장비, 이송장비 모두 Tandem 컨

3) 40피트 컨테이너 2개를 1회에 이동, 적재, 인출할 수 있는 시스템 및 장비

〈표 8〉 ZPMC 장비 운영현황

| 구분          | 세부내용                                    | 비고    |
|-------------|---|-------|
| 선박작업 (해측)   | 선박-C/C                                  | 유인화   |
| 선박작업 (육측)   | C/C-수평FT(Flat Trolley)                  | 무인자동화 |
| 이송작업        | LT(Lifting Trolley)-수직FC (Flat Trolley) | 무인자동화 |
| 야드작업 (본선)   | 수직FT-RMGC                               | 무인자동화 |
| 야드작업 (리마살링) | RMGC                                    | 무인자동화 |
| 야드작업 (반출입)  | RMGC-RT                                 | 원격조정  |



〈그림 7〉 스피드포트



자료: ZPMC 브로셔

〈그림 6〉 중국 ZPMC 자동화터미널

테이너 취급 운영한다. 모든 장비는 전기식으로 운영되며 수평/수직 플랫폼롤리와 플랫폼카(Flat Car)를 사용한다. 또한 동시시스템은 100% 전기식으로 운영되어 친환경 터미널이기도 하다.

현재 개발후 ZPMC 부지내 1선석 규모의 실물을 제작하여 테스트 진행중에 있으며 1단계로 중국 와이가차오 컨테이너 터미널 배후지에 공컨테이너 취급을 위한 실규모 장비를 건설, 운영중에 있다. 2단계로 2011년까지 중국 카오웨이디안 터미널(허베이성)에 2선석 규모를 건설할 예정에 있다.

동 시스템은 안벽과 야드구간의 컨테이너 이동을 레일시스템을 이용하기 때문에 사고나 비상상황시 다른 시스템에 비해 유연성이 떨어지며 초기 투자비용이 높은 것이 단점이다.

## 2. 미국 스피드포트(Speed Port)

스피드포트는 미국의 ACTA Maritime Development Corporation이 제안한 신개념 컨테이너 터미널로, 대량의 안벽크레인과 이송장비를 투입하여 선박재항시간을 획기적으로 줄일 수 있도록 설계된 시스템이다.

터미널은 도크형태를 가지고 있으며 선박의 폭방향에 걸쳐 상부빔이 설치되어 있다. 도크 안에 설치되어 있는 상부빔(overhead beam)에는 독립 이송장치인 스파이더(spider)가 있으며 이를 이용해 컨테이너 양적하 작업과 이동작업을

수행하는 형태를 가지고 있다.

따라서 동시시스템은 빠른 하역속도, 높은 안전성, 보안성, 저렴한 비용 등이 장점으로 평가되고 있으나 현재 개념개발이 완료된 상황이다.

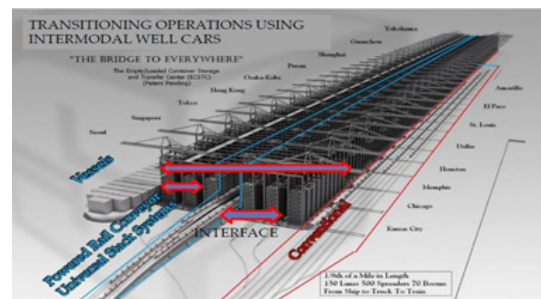
운영개념은 모든 시스템이 완전무인자동으로 운영되며 기존 터미널과 달리 하역시스템 측면에서 안벽과 야드 영역의 구분 없이 통합된 운영을 기본으로 설계된 개념이다.

현재 운영되는 터미널은 없으며, 개발시 고가의 토목 건설비 소요, 유연성 저하, 야드장치 및 이송부면에서의 병목현상 발생 등의 단점이 있으나, 기존보다 토지효율성 면에서는 우수한 것으로 보인다.

## 3. 미국 그리드 슈퍼도크(Grid Super Dock)

그리드 슈퍼도크는 Sky Storage Systems Inc.에서 제안한 신개념 컨테이너 터미널로, 공컨테이너 보관, 선박-열차(트럭)간 양적하를 주목적으로 개발하였다.

동시시스템의 구성은 선박작업을 위한 양적하 크레인, 보관랙, 지하 파이프라인(무인자동화차 운송) 등으로 구성되어 있다. 특히 대량의 안벽크레인을 랙상부에 설치하여 별도의 컨테이너 이동작업 없이 야드의 랙으로 컨테이너를 이동하는 시스템을 갖추어 컨테이너 처리시간을 단축하는 획기적 시스템이다. 동 시스템은 미국 LA 및 롱비치항과 같이 수출입 화



자료: <http://www.aqmd.gov/aqmp/2012aqmp/symposium>

〈그림 8〉 그리드 슈퍼도크



주: 동시스템은 한국해양수산개발원과 (주)이지인더스에서 국가연구개발사업으로 공동 연구한 시스템임

자료: 국토해양부, 지능형 항만물류시스템 기술개발, 2004~2010

(그림 9) HSS(High Stack System)

물의 기중점을 대상으로 개발하였다. 시뮬레이션 결과 철도 및 도로와의 연계성 강화를 위해 야드랙 내부에 철도, 트럭라인이 직접 진입하므로 철도에 대한 양적하 시간이 1/18로 감소하는 결과를 가져오는 것으로 나타났다.

동 시스템의 장점은 항만-항만간, 항만-내륙간 환적성을 향상시키고, 무인자동운영과 야드직접 연계작업으로 인한 운영비 절감, 전기를 이용한 친환경 컨테이너 하역/보관 및 운송, 철도를 이용한 트럭운송량 감소 등이 있다. 그러나 단점으로는 대량의 크레인, 고가의 하역보관시설, 지하화물운송시스템 등 대량의 투자비 발생하기 때문에 현실적으로 시행하기가 어려운 점이 있다.

#### 4. 고층 자동야드적재시스템

고층 자동야드적재시스템은 기존의 자동화 물류창고에서 적용하던 개념으로 이를 항만에서 응용하여 기존 1~6단적으로 사용하여 항만의 야드부지를 20층 이상으로 적재함으로서 획기적인 부지절감을 이룰 수 있는 시스템이다. 동 시스템은 AS/RS(automated storage and retrieval system)와 유사한 구조형태로 컨테이너를 자동으로 적재·불출할 수 있고, 좁은 부지에 구축이 가능하며, 적재 층수를 늘려 용량을 증가시킬 수 있다.

고층 적재시스템은 컨테이너 위에 컨테이너를 적재하는 방식이 아닌 랙 내부의 셀별 컨테이너 적재장소가 있는 방식이다. 따라서 컨테이너 재취급 작업 없이 적재 구조 내에서 무작위로 컨테이너에 접근이 가능해(무작위 접근[random access]) 생산성이 높다. AS/RS는 이처럼 생산성이 높고 적재 능력이 탁월해 부지가 매우 제한적이거나 이용료가 비싼 곳에서 각광 받고 있다.

동 시스템의 운영은 모두 무인자동으로 운영되고 있으며 기본적으로 플랫카, 리프터, 셔틀 등의 장비가 필요한 개념이

다. 기존 자동물류창고의 AS/RS와 차별되는 기술은 40톤 이상의 컨테이너를 이동, 승하강 시킬수 있는 장비기술 개발이 매우 어렵다는 것이 단점이다. 국내에서는 유일하게 (주)이지인더스에서 동기술에 대한 특허를 보유중에 있다. 동 시스템은 여러 종류가 개발중에 있으며 HSS(High Stack System), Computainer System, Krupp Fast handling system 등이 있어 연구개발되어 있다.

### V. 미래 스마트 항만물류기술 개발방향

이상과 같이 국내외 물류환경의 변화, 그에 따른 항만물류 기술 분야에서의 실용화되어 운영되고 있는 첨단항만, R&D로 개발완료되었거나 실용화 추진중인 스마트 항만들을 살펴 보았다. 본 연구에서 제시한 다양한 동향들을 토대로 미래 스마트 항만물류기술의 개발방향을 제시해 보고자 한다. 항만 운송분야에서는 첫째, 새로운 물류 운송시장의 선점을 위한 기술개발이 각광을 받을 것으로 보인다. 둘째, 물류비 절감을 위한 운송수단의 대형화는 지속될 것으로 판단된다. 셋째, 녹색운송체계 전환을 위한 운송수단의 신개념화가 진행될 것이다. 이를 세부적으로 나타내면 다음과 같다.

- 물류산업 신성장동력화를 위한 고부가가치 선박, 고중량물 운송시장 활성화에 따른 운송기술
- 모달 쉬프트 증가에 따른 친환경 대량운송 기술
- 북극항로 운항 가시화에 따른 해상운송수단 기술
- 극초대형선(1만8천TEU) 현실화에 따른 고효율 엔진기술, 고속운항 기술, 2만TEU 제작기술 등
- 권역별 연안운송 활성화를 위한 고속 피더선 기술
- 친환경 선박운항을 위한 그린쉽, 원자력선 기술
- 연료소비량 절감을 위한 선박 극초대형화 기술

항만물류시설 및 장비분야에서는 첫째, 중심항 경쟁을 위한 항만시설 및 물류시스템의 고도화, 첨단화가 진전될 것이다. 또한 둘째, 지식서비스 산업의 확대에 따른 물류서비스 극대화를 위한 기술개발이 증대될 것이다. 셋째로 자동화터미널의 보편화로 인한 고생산성 무인자동화 기술이 보다 더 진전될 것이다.

- 항만 인프라시설 확대기술( 2만TEU이상의 극초대형선 등장에 대비)
- 항만 서비스 수준 향상기술(극초대형선에 대한 1일 하역 서비스)
- 통합적 인터모달 서비스(연안-도로-철도-항공) 기술

- 고효율 신개념 하역시스템 개발기술
- 항만배후 물류기능 고도화(연계, 제조기능 등) 기술
- 항만-물류거점간 고속 대용량 운송시스템 기술
- 첨단기술(장치, 부품, IT기술)의 급속한 발달

항만 IT 분야에서는 첫째, 항만의 IT 이용 범위가 확대되고 둘째, 항만보안 기준이 강화될 것이다.

- 해운항만의 물류비 절감을 위한 글로벌 물류정보망 실시간 통합
- 항만의 고효율화를 위한 운영시스템의 고도화 (항만 생산성 극대화)
- 항만의 그린화를 위한 운영기술 (항만, 물류시스템의 탄소배출 최소화)
- 항만의 경영능력 향상을 위한 운영시스템 지능화(인력투입의 최소화)

이상에서와 같이 미래 선도하기 위한 스마트 항만물류기술에 대하여 제시를 해 보았다. 항만물류기술과 관련산업은 전자, 전기, 기계, IT, 토목이 결합된 융합적 산업, 고부가가치 산업이다. 따라서 우리 항만이 미래에 글로벌 선도항만으로 나아가기 위해서는 이상과 같은 미래를 내다보는 연구개발의 선점과 정부, 기업의 적극적인 제도와 예산지원, 인력양성, 전문기업의 육성 등이 절대적이다. 이와 더불어 산·학·연·관이 보다 적극적인 협력체제로 나아가야 만이 가능한 일이다. 마지막으로 실패를 두려워하지 않는 과감한 도전정신이야말로 미래를 선도할 수 있는 지름길이 아닐까 생각된다.

### 참고문헌

- [1] 국토해양부, 지능형 항만물류시스템 기술개발, 2005~2010.
- [2] 김우선 외, 컨테이너터미널 에너지비용 절감방안 연구, 한국해양수산개발원, 2007. 12.
- [3] 최상희 외 “글로벌 물류기술 국제협력 및 동향분석”, 한국해양수산개발원, 2011.
- [4] 최상희 외, “글로벌 물류기술 국제협력 및 동향분석 - 자동화 및 친환경 물류기술 개발현황 및 정책동향”, 한국해양수산개발원, 2011.
- [5] 최상희 외, 국내 컨테이너 항만기술개발 로드맵 수립 연구, 한국해양수산개발원, 2007.12.
- [6] 한국컨테이너부두공단, 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구, 2004.
- [7] Ardavan Asef-Vaziri, Berok Khoshnevis, “AUTOMATED TECHNOLOGIES IN MARITIME CONTAINER TERMINALS”, Metrans, 2006.
- [8] Chin-I. Liu, Hossein Jula, and Petros A. Ioannou, “Design, Simulation, and Evaluation of Automated Container Terminals”, IEEE, Vol.3, No.1, 2002.
- [9] Derewry, Annual Container Market Review and Forecast - 2008/09, September 2008.
- [10] Georg Kartnig, Joerg Oser, “SYSTEM DESIGN AND OPERATION OF A SMALL SIZE CONTAINER TERMINAL”, POMS 20th Annual Conference, 2009.
- [11] Phil Elovic, Hi-Tech Solutions, “Implementation of Gate and Crane OCR Systems for Container Terminal Automation and Security”, TOC 2003 Asia.
- [12] Yvo Saanen, Jeroen van Meel, Alexander Verbraeck, “THE DESIGN AND ASSESSMENT OF NEXT GENERATION AUTOMATED CONTAINER TERMINALS”, European Simulation Symposium, 2003.
- [13] <http://www.aqmd.gov/aqmp/2012aqmp/symposium>



최 상 희

1992년 8월 고려대학교 토목환경공학 학부 (학사).  
 2006년 8월 연세대학교 도시공학과 (석사).  
 2010년 8월 고려대학교 경영공학 전공 (박사수료).  
 1995년 5월~현재 한국해양수산개발원 항만운영기술연구실장.  
 2010년~현재 국토해양부 물류정책위원회 물류시설분과위원.  
 2010년~현재 창고하역전문위원회 전문위원.  
 <관심분야>