

## 스마트항만의 해외사례 분석과 정책 시사점: 유럽과 싱가포르를 중심으로\*

이태휘\*\*

Smart Port Policy Trend of Europe and Singapore and Its Political Implications

Lee, Tae-Hwee\*\*

### Abstract

Recent studies have offered ambiguous definitions of smart ports. These include smart ports being the only way that fully integrated ports can survive (Deloitte 2017) or ports that have a design based on Internet-of-Things technology to minimize waste of urban space and resources (Port Technology 2016). In addition, many port authorities are creating smart port strategies and have held research seminars focused on smart ports. This study sheds light on the following questions: Why do we need smart ports? Why should all ports be smart ports? Why are overseas advanced ports promoting smartization as soon as possible? What does the future look like for smart ports? Therefore, in this study, we explored the concept of smart ports based on previous research and examined the trends in smart port policies in the Netherlands, Germany, the UK, Italy, and Singapore. Finally, this study proposes useful policies for smart ports and also discusses policy directions that could make our ports truly smart ports.

*Key words: Smart Port, Rotterdam, Hamburg, UK, Singapore*

▷ 논문접수: 2020. 01. 02.   ▷ 심사완료: 2020. 03. 20.   ▷ 게재확정: 2020. 03. 25.

\* 이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 신진연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019S1A5A8032982)

\*\* 경남과학기술대학교 상경대학 유통학과 조교수, 저자, taylor@gntech.ac.kr

## I. 서론

BMW, 도요타, 볼보 등 주요 자동차 제조기업을 컨설팅하고 있는 독일의 롤랜드 버거는 4차 산업혁명을 ‘이미 와 있는 미래’라고 정의하였다(롤랜드 버거, 2017). 스마트 공장이 제조업의 생산성을 증가시키고 자율주행차가 새로운 교통 생태계를 창조하고 있다. 또한, 로봇, 빅데이터, 클라우드, 3D 프린터, IoT(Internet of Things) 등 다양한 신(新)기술이 산업 간 영역을 붕괴시키고, 우리 사회 곳곳을 창조적으로 파괴하고 있다.

4차 산업혁명의 핵심 기술의 적용은 물류 분야에도 대대적인 변화를 예고하고 있다. 해운 분야에서는 자율운항선박의 출현이 예상된다. 자율운항선박이란 시스템이 선박 상태 및 주변 환경을 인식하고 스스로 판단하고 제어하는 선박이라 할 수 있다. IMO에서는 자율운항선박을 자율운항 정도에 따라 4단계로 구분하고 있으며, 완전 무인 자율운항 선박이 4단계에 해당 된다(김창균, 2019). 항만 분야에서는 디지털 정보 기술이 항만 운영 전반에 적용되어 정보의 실시간 동기화와 항만의 생산성 제고, 그리고 친환경적 항만 운영을 동시에 실현하는 스마트항만의 출현이 급속도로 진전되고 있다(Jun et al., 2018; 정태원, 2018).

우리 정부도 해양수산부 지능정보화 기본계획(2018-2022), 스마트 해상물류 체계 구축전략(2019), 4차 산업혁명 시대 해양수산업 혁신선장을 위한 해양수산 스마트화 추진전략(안) 등을 발표함으로써 스마트 해상물류 체계의 실행 계획을 발표하고 있다. 스마트 해상물류 체계 구축전략에서는 항만·선박 스마트화 가속 및 연계 효율화, 물류 정보 생태계 구축, 미래 해상물류 대비 도전적 R&D(Research and Development) 추진, 스마트 해상물류 관련 업계 지원 등의 내용을 담고 있지만, 세부 내용은 기존 항만 운영 시스템에서 4차 산업

혁명 기술이 단기간에 적용될 수 있는 영역을 발굴하는 데 초점이 맞추어져 있다. 이러한 문제점을 극복하고자 보다 구체적인 계획인 해양수산 스마트화 추진전략(안)이 2019년 11월 발표되었다. 동 계획에서는 선박·항만 지능화로 스마트 해상물류 실현, 물류 프로세스의 디지털 전환 촉진, 초연결 해상교통 인프라 구축 등의 내용이 담겨있다. 세부 과제 중 스마트항만에 해당 되는 내용은 자동화·지능화 항만 개발·구축이다. 게다가 4대 항만공사의 스마트항만 구축 사업들은 스마트항만이 되기 위한 근본적인 변화를 수반한 사업이 아닌 것으로 구성 되어있는 실정이다<sup>1)</sup>(한철환, 2018).

스마트항만에 대한 정의로는 IoT 기술을 바탕으로 통찰력을 가진 완벽하게 통합된 항만(Deloitte, 2017)이나 유일한 생존 수단으로서 시·공간 및 자원의 낭비를 최소화하는 항만(Port Technology, 2016)이라는 모호한 정의가 존재해 스마트항만에 대한 명확한 정의가 필요한 상황이다. 왜 우리 항만이 스마트항만이 되어야 하는지, 모든 항만이 스마트항만이 되어야 하는지, 왜 선진 항만은 서둘러 스마트화를 추진하고 있는지, 우리나라 스마트항만의 미래상은 어떤 것인지에 대한 질문에 깊은 통찰과 고민이 필요한 시점이기도 하다. 이에 본 연구는 다음과 같은 질문에 답하는 것을 연구의 목적으로 삼고자 한다.

1. 스마트항만이란 무엇인가?
2. 선진 항만은 왜 스마트화를 앞서 추진하고 있는가?
3. 선진 항만의 스마트화는 어느 정도 진전되고 있는가?
4. 우리 정부가 항만의 스마트화 추진 시 유의하여야 할 사항은 무엇인가?

1) 항공드론을 활용한 시설물 점검, 해상 태양광을 활용한 항만에너지 자립 사업 추진, 창업경진대회, 항만물류 빅데이터 경진대회 추진 등

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 이론적 고찰을 통해 스마트항만의 개념을 탐색한다. 3장에서는 유럽의 네덜란드, 독일, 영국, 이탈리아의 스마트항만 추진 동향에 대해 살펴보고, 시사점을 제시한다. 4장에서는 싱가포르 스마트항만 추진 동향과 시사점을 제시하고 5장에서는 우리나라 항만의 스마트화를 위한 정책 방향을 제시한다.

## II. 이론적 고찰

OECD ITF(International Transport Forum)의 Olaf Merk가 스마트항만을 미래 생존할 수 있는 유일한 항만이며, 시·공간 및 자원의 낭비가 전혀 없는 항만이라고 강조하였다고 한다. 하지만 Port Technology(2016)에 실린 칼럼의 전체적인 맥락을 통해 살펴본 결과, 스마트항만의 필요성으로 항만 공간 확장의 제한, 항만 생산성 압박, 물리적 한계, 친환경적 항만 운영필요성으로 스마트항만 도입의 당위성을 설명한 것을 알 수 있었다. 또한, '미래 생존할 수 있는 유일한 항만'이라는 것은 스마트항만에 대한 하나의 수식어 정도인 것을 알 수 있었다. '시·공간과 자원 및 천연자원의 낭비가 없는 것'은 단지 '스마트하다는 것의 의미'이지 스마트항만에 대한 직접적인 정의가 아닌 것도 확인하였다.

Deloitte(2017)은 스마트항만을 IoT 기술을 바탕으로 통찰력을 가진 완벽하게 통합된 항만이라고 정의한 것으로 알려져 있지만, 원문 보고서를 살펴보면 다소 차이가 있는 것을 확인하였다. 본 보고서에서는 스마트항만이 되어야 하는 이유로 항만이 현재 직면한 사회적·경제적·환경적 문제를 꼽고 있었다. 즉, 항만 공간 확장의 제한(spatial constraints), 항만 생산성 제고 둔화(pressure on productivity), 재정적 한계(fiscal limitations), 안전과

보안 위험 문제의 대두(safe and security risks), 그리고 지속가능성(sustainability) 문제를 극복하기 위해 스마트항만이 되어야 한다는 것이었다. 진정한 스마트항만은 IoT 시스템에 의해 수집된 데이터를 이용해 항만을 둘러싼 공급사슬에 새로운 가치를 창출할 수 있어야 한다고 강조하였다. 또한, 성숙한 스마트항만 개념(relatively mature smart port concept)은 아직 완성되지 않았다고 지적하기도 하였다. 스마트항만 구축의 제약 요인으로 1) 스마트항만 구축을 통해 얻을 수 있는 편익이 항만의 효율성 개선 외에 불명확한 점, 2) 항만 운영 전반의 정보 공유로 사이버 보안이 취약해질 수 있는 점, 3) 항만 간 정보 공유의 실질적 편익이 모호한 점 등을 들었다.

함부르크항만당국(Hamburg Port Authority)는 에너지와 물류라는 두 가지 개념으로 스마트항만을 설명하였다. 항만에서 에너지의 스마트한 이용과 이에 따른 환경 영향 최소화, 그리고 항만의 공급 사슬과 운송네트워크의 최적화를 통한 스마트 물류 시스템 구축이 스마트항만의 두 가지 핵심 개념이라고 설명하였다. 또한, 스마트항만의 지향점은 에너지와 인프라의 효율적 이용이라고 강조하였다

Saaen(2019)는 스마트항만이 되기 위한 10가지 조건을 제시하였다. 세부 조건으로는 1) 외부 요소와의 연결, 2) 모든 자산과의 연결, 3) 터미널 내 모든 근로자 간 연결, 4) 실시간 통합적 계획·통제·최적화, 5) 핵심성과지표(KPI: Key Performance Indicator)의 실시간 측정, 6) 핵심성과의 지속적 분석, 7) 터미널 내 모든 근로자의 훈련, 8) 학습 역량, 9) 종합계획에 근거한 터미널 개발, 10) 강력한 사이버 보안을 제시하였다.

영국의 운송부(Department for Transport)는 스마트항만의 핵심 운영지표는 데이터와 자동화 장비의 광범위한 사용과 IoT를 통한 연결이 될 것이라

고 전망하였다. 또한, 새로운 데이터 수집과 분석 기술은 항만 자원의 효율적 운영과 보안에 막대한 영향을 끼칠 것이라 주장하였다.

Molavi et al.(2020)은 혼합정수계획법을 이용해 스마트그리드 기술이 스마트항만에 적용되었을 경우 항만의 생산성, 지속가능성, 항만 운영의 신뢰성이 증가하는 것을 제시하였다.

한국해양수산개발원(2018)은 함부르크, 로테르담, 중국, 일본 항만의 스마트화 동향을 살펴보고 우리나라 항만의 스마트화에 대해 제언하였다. 선행연구 결과, 항만·해운·내륙운송 등 물류망 전체를 하나의 SCM으로 인식하고 항만산업의 구조 변화, 무인선박·초대형선박 등 선박의 발전 수준, 기후변화 등을 종합적으로 고려한 스마트항만의 로드맵과 다각적·혁신 R&D가 필요하다고 주장하였다.

해양수산부 스마트해상물류추진단(2019)은 스마트항만을 안벽에서 야드까지 항만 전체의 자동화를 추구하는 자동화 항만과 항만 내 IoT가 접목된 항만과 선박 간의 최적 연계 운영이 가능한 지능화 항만이라고 정의하였다.

이연경·이수영(2019)는 항만-해운-항만도시를 전체 공급망으로 연결, 모든 이해관계자들이 디지털기술로 연결되는 정보화·지능형 항만이라 정의하였다.

Botti et al.(2017)은 항만공급사슬(Port Supply Chain)에서 서비스 과학이 더해져 확장된 개념을 스마트항만이라고 설명하였다.

로테르담항만당국(Rotterdam Port Authority)의 디지털기술 총 책임자는 스마트항만에 대해 간결한 정의를 내놓았다. 그것은 스마트항만은 곧 디지털 항만이라는 것이다.

### III. 유럽의 스마트항만 추진 동향

#### 1. 로테르담의 SMART PORT

로테르담항은 스마트항만의 실현을 위해 「SMART PORT」라는 조직을 설립하였다. SMART PORT는 물류, 에너지 및 산업, 항만 인프라, 도시, 지속가능한 항만 운영 전략 측면에서 로테르담항이 스마트항만이 되기 위한 지향점과 R&D 프로젝트 수행 계획을 제시하였다.

물류 측면에서는 물류의 디지털화, 물류 자동화를 통한 물류허브 지향을 강조하였으며, 에너지 및 산업 측면에서 풍력에너지와 전력 사용을 통한 에너지 효율화 지향, 항만 인프라 측면에서 인프라의 효율적인 활용으로 항만의 부가가치 증대, 항만도시 측면에서 지자체 및 관련 이해당사자에게 정보 제공, 로테르담항만당국의 전략 개발 및 혁신을 강조하였다(한국해양수산개발원, 2018).

또한, 로테르담항만은 항만 기항 최적화 정보 어플리케이션인 PRONTO(Port Rendezvous of Nautical and Terminal Operations)<sup>2)</sup>을 도입하여 항만 이해관계자의 데이터 수집을 통하여 최적의 ETA(Estimated of Time Arrival)와 ETD(Estimated Time of Destination)를 예측하고 있다. 그 결과, 로테르담항에 기항하는 선박은 평균 20% 정도의 항만 대기시간을 감축하였다고 한다(Port Technology, 2018).

2) 이탈리아어로 PRONTO는 '준비된(ready)'이라는 뜻으로 사용됨

표 1. 로테르담 스마트항만 프로젝트(부분 발체)

분야	프로젝트명	수행 주체
스마트 물류	ETA 예측	Erasmus University Rotterdam, Hermess, Intertransis, SmartPort, TKI-Dinalog, TNO, Vanad Group, VOPAK.
	피더레일 혁신	.Erasmus University Rotterdam, TNO, TU Delft, the Port of Rotterdam and ProRail
	트럭군집주 행	Port of Rotterdam Authority, Rijkswaterstaat (Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment), TKI-Dinalog, TNO Container transporters: BVB Logistics, H.N. Post & Zonen, De Jong - Grauss Transport, Kamps Transport, Overbeek Int. Transport, Post - Kogeko, De Rijke Trucking, Starmans Transporten, Van der Wal Transport Logistic services providers: DHL Global Forwarding, Kloosterboer, Maersk Line en Yusen Logistics
	블록체인 항만물류 적용	ABN AMRO, BeScope, Centric, Exact, FloraHolland, Innopay, NBK, Port of Rotterdam Authority, Reverse Logistics (RLG), Supply Chain Finance Community, TNO, TransFollow, TU Delft, Windesheim.

자료: <http://smart-port.nl/en/> (2019년 12월 6일 검색)

## 2. 함부르크의 smart PORT

함부르크항은 경제적으로는 항만의 지속가능한 성장을 도모하고, 항만 고객과 지역 주민의 편익을 극대화하고, 환경 영향을 최소화하고자 「smartPORT」 프로젝트를 수립하였다.

함부르크항의 스마트항만 프로젝트는 물류와 에너지 분야 두 축으로 구성되어 있다. 물류 분야에서는 경제와 생태계 관점에서 교통 흐름과 인프라·화물 흐름의 원활화라는 목표를 세우고 각 부문별 지능화, 효율화, 정보동기화를 실현하고 있다.

에너지 분야에서는 함부르크항만당국(Hamburg Port Authority: HPA)이 친환경적 이동 수단의 이용과 에너지 소비 감소를 추구하기 위해 항만의 스마트화가 추진되고 있다. 에너지 프로젝트는 전통적

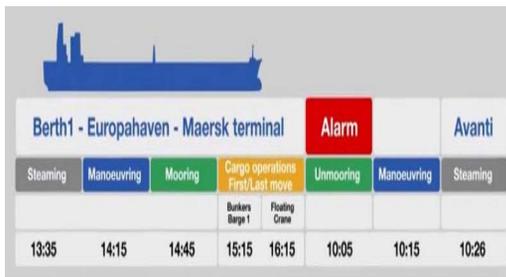


그림 1. 로테르담항만의 PRONTO

자료: Port Technology, Europe's Largest Port Releases App to Optimize Shipping, April 18, 2018.

발전 에너지 의존을 감소, 대기오염물질 배출 감소, 자원 낭비 최소화, 재생 에너지 사용, 에너지 효율 달성, 에너지 절약형 이동수단 이용 등으로 구성되어 있다.

### 3. 영국의 MARITIME 2050

영국 운송부에서 발표한 MARITIME 2050은 기술, 사람, 환경, 무역, 인프라, 보안, 회복가능성(resilience) 측면에서 영국의 해운항만산업(maritime industry)이 2050년 취해야 할 포지션과 미래 비전을 담고 있다. 이 보고서의 6장 기술 파트에서는 스마트해운과 함께 스마트항만의 필요성과 미래상에 대해서도 자세히 묘사하였다.

선행연구 결과, 항만 운영자의 75%가 육상에서의 운영 효율성 제고를 위해 기술의 개선이 필요함을 공감하고 있다고 지적하였으며, 로봇(robotics)과 인공지능(artificial intelligence) 기술을 통한 터미널 자동화가 항만 운영 효율성과 안전에 영향을 끼칠 것이라고 강조하였다. IoT 기술이 하역 장비-내륙운송수단-선박 간 정보 공유를 가능하게 하고, 이를 통해 공유 정보 플랫폼 시스템이 구현되면 항만의 체선·체화 감소와 환경적 편익이 제고될 것이라 설명하였다. 한편, 스마트항만 구축의 위험(risk) 요인으로 스마트항만 구축을 위한 정보 인프라 투자의 막대한 비용과 시간을 꼽았다(UK, 2019).

또한, Belfast Harbour, Bristol Port, DP World, Forth Ports, Hutchinson Ports UK, Port of London Authority, Peel Ports, 영국항만연합(Associated Brith Ports)로 구성된 영국메이저항만 그룹(UK Major Ports Group)이 발표한 Ports 2050에서 미래 항만은 데이터 플랫폼으로서 데이터 추적을 제공하고 블록체인을 통한 스마트 계약(smart contracts), 사이버 보안을 제공할 것이라고 예측하였다. 또한, 영국 정부의 역할로서 물리적·지적 인프라 제공,

일관되고 장기적인 안목의 방향 설정, 전략적 목표에 부합한 규제 설정을 꼽았다(UKMPG, 2018).



그림 2. 영국의 Port 2050

자료: UKMPG(2018)

### 4. 살레르노의 스마트 터널 프로젝트

살레르노항만(Salerno Port)은 상업항으로서 이탈리아의 중남부 지역의 관문 항 역할을 하고 있다. 살레르노항만의 대표적인 고객은 Fiat Chrysler로, 자동차부두에 4,000대의 자동차를 보관할 수 있는 시설을 갖추고 있다. 도심 주변부 지역에 Nola Interport라는 내륙항(dry port)이 있으며, 살레르노항만까지 철도운송이 이루어지고 있다.

2014년 3월 살레르노항만은 공급사슬의 강력한 통합을 위해 ‘스마트 터널: 지능적 통합 운송 네트워크(Smart Tunnel: intelligent integrated transport network) 프로젝트’에 착수하였다. 이 프로젝트는 항만 정보기술(IT: Information Technology)의 통합과 의사소통을 위한 혁신시스템 도입, 상호운용성(interoperability) 제고를 위한 IT 구축, 물류와 해상운송, 내륙운송 간 IT 연결 등으로 구성되었다. 또한, 스마트도시화물운송(smart urban

freight transport)을 위해 원자재 및 최종재의 원활한 흐름을 위한 IT도 도입하였다.

이 프로젝트는 항만 당국(Port Authority)에게 구조적·행정적 병목현상을 제거해주었고 항만-해운-내륙운송 간 화물 흐름의 지속가능성을 높여주었다. 스마트터널프로젝트의 성공으로 이탈리아는 신규 항만 건설 시 해운, 항만, 내륙운송, 철도운송 간 통합 ICT를 구현할 수 있는 스마트항만서비스 시스템을 의무적으로 도입하는 법안을 2014년 9월 제정하였다(Botti et al., 2017).



그림 3. 살레르노항만의 Smart Port Service System

자료: Botti et al.(2017)

### 5. 유럽 스마트항만 추진 동향 시사점

로테르담항만이 스마트화를 추진하고 있는 이유는 항만의 시설 개발과 확장으로는 더 이상 경쟁력을 확보할 수 없으며, 현재 수준보다 높은 항만 운영효율을 달성하기 위해서는 항만의 디지털화가 필요하기 때문이다. 즉, 로테르담항만은 항만의 지속 가능한 경쟁력 확보 차원에서 스마트항만이 추진되고 있다고 볼 수 있다. 2015년 함부르크에서 개최된 IAPH(International Association of Ports and

Harbors)에서는 항만도시의 고질적인 문제로 지적되어 온 교통문제와 환경문제 등 항만도시만의 부작용현상을 중점적으로 다루었다. 이러한 논의와 사회적 공론화에 따라 함부르크는 항만이 시민의 삶의 질에 부정적인 영향을 많이 끼쳐, 그 대안으로서 항만의 스마트화를 추진하는 것임을 유추해 볼 수 있다. 영국 사례에서 배울 수 있는 점은 과거 명성을 구가하던 영국의 해운항만 산업의 재부흥을 위해 해운항만의 디지털화를 추구하고 있으며, 항만에서는 스마트항만의 구축으로 영국 항만의 도약을 노력하고 있다는 것이다. 이탈리아 살레르노항만의 스마트항만 구축 사례를 통해 배울 점은 스마트항만 도입을 위해 무엇보다 항만공급사슬의 개념화 및 구조화가 선행되어야 한다는 것이다.

## IV. 싱가포르 스마트항만 사례분석 및 시사점<sup>3)</sup>

### 1. MPA의 스마트항만 추진계획

MPA(Maritime Port Authority of Singapore)은 싱가포르 항만의 스마트화를 위해 다양한 계획을 내놓고 있다. MPA는 「digitalPORT@SG」라는 목표를 실현하기 위해 싱가포르 해운·항만산업의 싱글윈도우 서비스를 구축하고 있다. 세부 계획으로는 1) 해운항만 관련 문서의 디지털화, 2) 해운항만 관련 플랫폼 구축, 3) 데이터 동기화를 통한 프로세스 간소화, 4) 국제적 상호운용성 제고, 5) 해운항만 원스톱 서비스 실현, 6) JIT(Just in Time)를 통한 실시간 운영과 항만가치사슬의 통합이다. MPA의 기술책임자인 Kenneth Lim에 따르면, 해운항만 관련 문서의 디

3) 본 장은 2019년 11월 28-29일 싱가포르 마리나만다린 호텔에서 개최된 Smart Maritime Network와 스마트항만 스타트업 인큐베이터인 PIER 71에 저자가 직접 방문하여 수집한 자료를 바탕으로 작성됨

지털화, 해운항만 관련 플랫폼 구축, 데이터 동기화를 통한 프로세스 간소화는 구축이 완료되었고, 국제적 상호운용성 제고, 윈스톱 서비스 실현, 항만가치사슬의 통합은 현재 진행 중이라고 한다.

Kenneth Lim은 특히 싱가포르 항만이 추구하는 국제적 상호운용성을 강조하였는데, 그는 이를 디지털 오션(Digital OCEAN: Open Common Exchange And Networks Standardisation)이라는 개념으로 설명하였다.

디지털 오션의 목표는 디지털 플랫폼, 글로벌 네트워크 구축, 항만 관련 커뮤니티와 이해관계자들 간 데이터 연결, 오픈데이터의 표준화를 통해 국제적 연결성(connectivity)을 증진시키고 여러 시스템 간 통합을 추구하는 것이라고 한다.

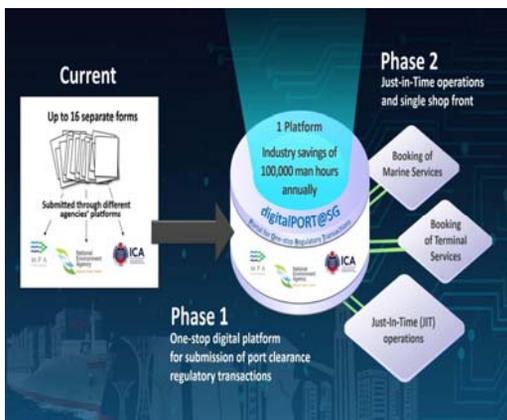


그림 4. MPA의 digitalPORT@SG 계획

자료: <https://smartmaritimenetwork.com/>(2019년 12월 5일 검색)

## 2. 싱가포르 스마트항만 연구개발 로드맵

MPA는 스마트항만 관련 생태계 조성을 위해 연구개발에도 적극적이다. MPA는 2013년 발표한 ‘해운항만 R&D 로드맵 2025’를 업데이트하여 2019년 ‘해운항만 R&D 2030’을 발표하였다. 본 로드맵에

는 스마트항만 생태계 조성을 위한 체계적인 계획과 기관별 역할 분담이 담겨있다. 세부 내용은 다음과 같다. 우선, 싱가포르 스마트항만 R&D의 단계별 목표를 5가지로 제시하였다. 1단계 ‘효율적·지능적 월드클래스의 차세대 항만 건설’, 2단계 ‘전략적 해양공간구축 및 해상교통 관리’, 3단계 ‘스마트한 항만 운영과 자율운항시스템 구축’, 4단계 ‘효과적인 해운항만 보안·안전시스템 구축’, 5단계 ‘지속가능한 해운항만 환경 조성과 에너지 이용’이다. MPA는 이를 통해 장기적인 안목으로 싱가포르 해운항만 산업의 디지털 변환(transformation)의 기반을 조성하고 있다.

싱가포르 해운항만 R&D 2030에서 연구개발을 수행하는 기관으로 싱가포르국립대(NUS)와 난양이공대(NTU), 싱가포르폴리텍(SP)이 있다. NUS는 차세대 항만 운영과 시뮬레이션 연구센터를 2018년 4월 설립, 2019년 10월에는 자율운항선박 관련 연구센터를 설립하였다. NTU는 2017년 해운항만 에너지 이용과 지속가능개발과 관련한 연구센터를 설립하였고, SP는 해상안전 연구센터를 2018년 6월 설립함으로써 스마트항만 생태계 조성을 위한 연구를 수행하고 있다.

## 3. PIER 71 사례

PIER 71은 NUS와 MPA가 공동으로 추진하고 있는 스마트항만 스타트업 인큐베이터이다. 현재 10개 정도의 스타트업이 입주해 창업을 준비 중에 있다. 입주한 스타트업의 비즈니스 모델은 싱가포르 해운항만 산업과 관련된 문제를 해결하는 솔루션 개발에 초점이 맞추어져 있다.

대표적인 기업으로는 Ocean Freight Exchange(OFE), Claritecs, Aeras Medical, Portcast 등이 있다. OFE는 싱가포르 건화물시장의 용선자, 선주, 선박브로커, 탱커들을 주 고객으로 하며, 수급 관련 예측분석, 선

박 추적, ETA 예측 정보와 분석 툴을 제공한다. Claritecs는 BunkerMaestro라는 프로그램을 개발하는 업체로서, MPA의 해사정보허브(Maritime Data Hub) 및 해상교통 정보서비스와 연계한 SaaS(software as a service) 플랫폼을 개발하는 업체이다. BunkerMaestro는 급유스케줄 예측 정보를 제공하며, 급유지와 선대 간 최적의 운영 효율성 제고에 기여하고 있다. 또한, AIS(Auto Identification System)와 통합해 선박의 위치 정보와 ETA를 제공하여 급유 및 선대 운영 최적화에 기여하고 있다.

#### 4. Tuas Port 건설 사례

PSA는 기존 Pasir Panjang과 Tangjong Pagar 지역 등 싱가포르 도심 지역에 위치한 컨테이너 부두를 주룽 섬 좌측인 Tuas 지역으로 이동시켜 Tuas Port 건설을 추진하고 있다. PSA의 CEO인 Tang Chong Meng에 따르면 앞으로 도심 컨테이너 터미널은 포기하고 미래에는 Tuas Port 운영에 집중할 예정이라고 한다. Tuas Port는 2040년까지 연간 6천 5백만 TEU의 처리능력을 가진 항만 건설을 목표로 자동화 기술과 로봇이 안벽과 야드 작업에 활용될 예정이라고 발표하였다. 또한, 안벽과 야드 간에 무인 차량이 컨테이너를 이송하고 항만의 올인원(all-in-one) 운영 센터에서 이를 제어하고, 원격 장비 전문가인 크레인 운영자가 사무 환경에서 편리하게 이를 모니터링하고 작업하는 시스템을 구현한다는 계획이다. 또한, 크레인의 수리·고장·평가 등 기존에 사람이 높은 곳에서 위험하게 수행하였던 작업에 드론이 활용되어 안전한 작업 환경을 만들 수 있게 할 계획이다. 트럭의 군집주행과 차세대 게이트 시스템을 도입해 항만을 출입하는 교통혼잡을 줄이고 항만 운영의 전반적인 성능을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다.



그림 5. Tuas Port

자료: hellenicshippingnews.com(2019년 12월 24일 검색)

#### 5. 시사점

싱가포르의 사례를 통해 배울 점은 기존 항만이 스마트항만이 되기 위해서 강력한 해상클러스터 구축이 선행되어야 한다는 것이다. 우리 정부도 공감하고 있듯이, 스마트항만은 단위 시설물이나 정보시스템이 아니고 복잡하게 얽혀 있는 해운항만물류시스템이나 생태계라고 해야 맞을 것이다. 따라서 싱가포르와 같이 강력한 해상클러스터를 구축과 동시에 우리만의 스마트해상물류 생태계를 조성하는 것이 필요하다. 또한, 해상클러스터 구축을 위해 주도적인 기관이 있어야 한다. 싱가포르는 MPA가 해상클러스터 주도적인 역할을 담당하고 있다. 물론 싱가포르 국가 특성상 정부 주도로 가능한 것이 상당히 많을 것이기에 우리나라가 그대로 벤치마킹하기에 어려운 측면도 있을 것이다.

## V. 결론 및 정책 제언

### 1. 정책 제언

‘스마트항만이란 디지털 항만이다’ 라는 로테르담 스마트항만 관리자의 간명한 정의가 존재하지만, 최근까지 우리나라 스마트항만의 논의는 항만의 완전 자동화와 무인화에 집중되어 있어, 항만 하역노동자의 반발을 샀던 것이 사실이다. 심지어 우리나라 항만의 스마트화 저해 요인으로 노동시장의 유연성을 꼽는 연구도 존재한다. 한국해양수산개발원(2018)과 Botti et al.(2017)의 연구 결과에서도 나타나듯이 스마트항만 구축을 위해 항만공급사슬의 구축이 선제되어야 한다. 그리고 항만-해운-항만도시 SCM 내 어떠한 정보의 동기화가 필요하고, 동기화를 위해 필요한 요소를 미시적으로 연구하고 발굴하는 것이 항만의 스마트화를 앞당기는 길이다.

스마트항만 정의로 디지털 항만, 정보화 항만, 지능형항만, 고생산성 항만, 친환경 항만 등 다양한 정의가 있지만 선행연구와 해외 사례를 고려할 때, 디지털 항만이나, 정보화·지능형 항만이 스마트항만의 정의로 가장 설득력이 있다고 할 수 있다. 2019년 10월 개최된 항만인프라 혁신 국제세미나에서 ‘스마트항만은 공유 네트워크를 기반으로 의사결정이 이루어지고 실행하는 항만’이라는 연구 결과가 발표되었다. 이는 항만 자체적으로 의사결정 능력을 갖춘 지능화 항만이라는 뜻이다. 이를 위해 항만의 정보화와 자동화가 선제되어야 한다. 그렇다면 일부 항만 아니 일부 선석이라도 인공지능과 빅데이터를 도입하고, 최첨단의 자동화 시설을 도입해 스마트항만 스스로 의사결정을 할 수 테스트 베드 구축이 필요하다. 미래의 항만은 항만 스스로 의사결정을 통해, 현행 항만 개발 계획인 항만기본계획을 대체할 수 있을 정도의 지능형 항만이 개발

되어야 한다. 항만공급사슬 내 참여자와 항만 고객의 요구가 항만 개발과 운영에 직접 전달되어 상호 운용성이 높아지는 플랫폼형 스마트항만 건설을 제안한다.

항만도시라는 관점에서 항만의 스마트화가 추진되어야 한다. 따라서 스마트도시기본계획과 스마트항만계획이 조화롭게 추진될 수 있도록 스마트항만 프로젝트에 도시 전문가를 선임해야 한다.

함부르크는 항만도시의 지속가능성을 높이기 위한 수단으로 스마트항만이 추진되고 있다. 즉, 함부르크는 스마트항만 프로젝트가 추진되기 전부터 항만과 도시의 지속가능성에 대한 고민이 있었고, 항만의 지속가능성 제고와 사회적 책임, 환경문제 저감 차원에서 스마트항만이 추진되었다. 따라서 우리의 스마트항만 도입 배경에 대해서 다시 검토해 볼 필요가 있다. 우리는 아직도 항만의 경쟁력 제고의 수단으로 스마트항만을 추진하고 있다고 할 수 있다. 유행처럼 번져가는 4차 산업혁명 조류에 대한 해양수산부의 대응으로 항만의 스마트화가 추진되고 있다고 해도 과언이 아니다.

물동량과 같은 양적 지표만으로 항만의 성과를 측정하는 기존 항만성과평가 방식으로는 진정한 의미의 스마트항만이 개발될 수 없다. 게다가 미중 무역전쟁이나 브렉시트 등 보호무역기조가 만연하고 인구감소로 화물 수요가 약화되는 상황에서는 더더욱 그러하다. 향후 항만 물동량의 성장세가 둔화되는 상황에서 물동량 지표 일변도의 항만성과평가 방식은 스마트항만 구축을 위한 정보투자를 유인하기 힘들 것이기 때문이다. 기존의 단순한 양적 성과 평가방식에서 항만 인프라 구축 및 규모의 적절성, Seamless 물류 서비스 제공 여부, 물류 보안 및 안전기반 구축 정도, 항만의 친환경성, 디지털 항만 구축 정도 등과 같은 항목을 추가해 항만의 성과 평가방식을 다양화해야 할 것이다.

스마트항만 도입을 위해 해운항만산업 전반의 스마트화가 필요하다. 그리고 항만 하역노동자의 실직 등 재래식 장비 기술자의 실직은 불가피할 것이기에 스마트항만 도입에 따른 사회변화와 문제를 선제적으로 예측하고 대응하는 것이 필요하다.

모든 항만이 스마트화되어야 하는지에 대한 고민이 필요하다. 선별적 정책 집행과 투자가 필요하다고 하겠다. 우리나라의 경우 부산, 인천, 평양, 울산 정도의 항만이 스마트화될 필요가 있다고 할 수 있으며, 중소규모의 산업항이나 항만 배후도시 규모가 작은 항만까지 스마트화될 필요는 없다고 볼 수 있다.

## 2. 향후 연구 방향

우리나라 항만 운영은 지방해양항만청, 항만공사가 중심이 되며 실제 하역은 민간 TOC가 담당한다. 그 외에도 ODCY, CFS, ICD 운영 업체, 내륙운송회사, 도선 및 예선업체, 배후물류단지 입주업체 등의 민간영역이 상당 부분 존재하며, 주체별 교환 정보의 양이 상당하며 연계의 어려움도 존재한다. 공공기관의 수집 데이터의 공개범위와 내용의 제약 등으로 민간 항만지원시설이 항만 관련 데이터를 활용하는 경우는 매우 제한적이다. 따라서 진정한 스마트항만 구축을 위해 항만운영주체 별 수집 데이터 목록과 그 상세 내용과 수집 데이터 간 구체적인 연계 방안, 이를 지원하는 행·재정적 방안이 향후 연구에서는 도출되어야 하겠다.

## 참고문헌

- 관계부처합동(2019), 스마트 해상물류 체계 구축전략(안).
- 김창균(2019), 자율운항선박 IMO 동향 및 정부 대응 방안, 2019년 한국해양과학기술협의회 공동학술대회.
- 롤랜드 버거(2017), 이미 와 있는 미래, 다산.
- 해양수산부(2019), 4차 산업혁명 시대 해양수산업 혁신성장을 위한 해양수산 스마트화 추진전략(안).
- 해양수산부 스마트해상물류추진단(2019), 스마트 해운항만 물류정책, 제2차 자율운항선박(MASS) 도입 기술 정책 컨퍼런스.
- 이연경, 이수영(2019), 4차 산업혁명시대 국내 스마트항만 수준 측정과 비교분석, 해운물류연구 제35권 제2호, 323-348.
- 정태원(2018), 스마트 항만의 선전사례 분석과 시사점, 해운물류연구, 제34권 제3호, 489-510.
- 한국해양수산개발원(2018), 스마트항만(Smart Port), 전체 물류망을 고려한 로드맵 수립 필요, KMI 동향분석 제74호.
- 한철환(2019), 군산항 개항 120주년 기념 포럼, 4차 산업혁명과 군산항 발전방안.
- 해양수산부(2018), 해양수산부 지능정보화 기본계획(2018-2022)
- Antonio, B., Monda, A., Pellicano, M., Torre, C.(2017), The Re-Conceptualization of the Port Supply Chain as a Smart Port Service System: The Case of the Port of Salerno, *Systems*, 5(35), 1-10.
- Deloitte Port Service(2017), Smart Port Point View.
- IAPH(2015), The importance of smartPORTs in global competition - challenge and solutions, Marco Lipponerm Siemens AG
- Jun, W. K., Lee, M. K., Choi, J. Y.(2018), Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis, *Transportation Research Part A*, 118, 480-493.
- Molavi, A., Shi, J., Wu, Y., Lim., G. J.(2020), Enabling smart port through the integration of micro-grid: A two-stage stochastic programming approach, *Applied Energy*, 258.
- PortTechnology(2016), What is a Smart Port?
- Port Technology(2018), Europe' s Largest Port Releases App to Optimize Shipping.
- UK Department of Transport(2019), Maritime 2050, Navigating the Future.
- UKMPG(2018), Port 2050.
- Yvo Saanen(2019), 10 PRE-REQUISITES FOR SMART TERMINALS, Port Technology.
- <https://www.hellenicshippingnews.com>(2019년 12월 24일 검색)
- <https://www.rivieramm.com/>(2019년 12월 24일 검색)
- <http://www.smart-port.nl/en/>(2019년 12월 6일 검색)
- <https://www.smartmaritimenetwork.com/>(2019년 12월 5일 검색)
- <https://www.youtube.com/watch?v=xYQmfbsVNmM>(2020년 1월 2일 검색)

# 스마트항만의 해외사례 분석과 정책 시사점: 유럽과 싱가포르를 중심으로

이태휘

## 국문요약

최근 여러 연구에서 스마트항만에 대한 정의로, IoT 기술을 바탕으로 통찰력을 가진 완벽하게 통합된 항만(Deloitte, 2017)이나 유일한 생존 수단으로서 시·공간 및 자원의 낭비를 최소화하는 항만(Port Technology, 2016)이라는 모호한 정의가 인용되고 있다. 또한, 많은 항만들이 스마트화 추진방안과 같은 연구용역이나 세미나를 개최하고 있다. 본 연구에서는 왜 우리 항만이 스마트항만이 되어야 하는지, 모든 항만이 스마트항만이 될 필요가 있는지, 왜 선진 항만은 서둘러 스마트화를 추진하고 있는지, 우리나라 스마트항만의 미래상은 어떤 것인지에 대한 질문에 답을 해보고자 하였다. 이에 본 연구는 선행 연구를 통해 스마트항만의 개념을 탐색하고 네덜란드, 독일, 영국, 이탈리아, 싱가포르 항만의 스마트항만 추진 동향에 대해 살펴보았다. 그리고, 해외 항만이 왜 스마트항만을 추진하는 지에 대해 해답을 찾고자 하였다. 마지막 본 연구에서는 우리나라 항만의 스마트화를 위한 유용한 정책을 제언하고 우리 항만이 진정한 의미의 스마트항만이 될 수 있는 정책 방향에 대해서도 심도 있는 고민을 해 보았다.

주제어: 스마트항만, 로테르담, 함부르크, 영국, 싱가포르

