

# 技術革新と情報活用に基づく コンテナターミナルの将来展望

海事研究協議会  
「港湾の将来に着目した課題」研究グループ  
研究報告書  
2020年3月

## ご挨拶

代表理事 赤塚宏一

海事研究協議会として3冊目となる「港湾の将来に着目した課題」研究グループによる「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」をお届けします。

この報告書は、先の2冊と違い、直接何かを提言をするものではなく、どちらかといえば情報の提供であり、今後自動化コンテナターミナルを議論する際に、日本のコンテナターミナルのあるべき姿を探ったものです。

少子高齢化社会、さらに働き方改革など労働人口の減少著しいわが国にあって、労働生産性の向上はこれまでの経済規模を維持し社会インフラを確保し、生活を向上させるうえで必須であります。日々の生活の大動脈ともいべきサプライチェーンは自動化が世界の趨勢となっています。このサプライチェーンの要ともいべき港湾、さらにコンテナターミナルの生産性の向上は須要です。しかし世界を見るに自動化コンテナターミナルとそれによる生産性の向上について日本はすでに一步も二歩も遅れている現状にこの研究グループは強い危機感を持っています。

報告書の最後は『労働生産性を上げる最大の要因は、新規設備投資である。新技術の導入、言い換えれば「イノベーション」である。技術は急速に進んでおり、日本のコンテナターミナルも今こそ「イノベーション」に取り組むべき時である。今ならまだ間に合う。しかし、3年後では、多分手遅れである！』と結ばれています。

わが国のコンテナ輸送は 1968 年の邦船によるカリフォルニア航路の就航により幕が開き、その後の豪州、欧州、ニューヨーク航路と主な航路はコンテナ化され、それにともない神戸、横浜、東京、大阪、名古屋など主要港に新規のコンテナターミナルが建設されました。それらのコンテナターミナルは程度の差こそあれ、将来の自動化コンテナターミナルを指向し、世界の最先端に行くものであったと記憶しています。それから半世紀たった現在の日本の港湾の惨憺たる状況はこの報告書に書かれているとおりで。その当時間かされた「港湾労働の自動化・機械化に反対」という言葉が今も生きていることに驚きました。

関係者の皆様はぜひこの報告書をご一読いただき、考えて頂きたいと思います。

最後になりますが、研究グループ代表の森隆行先生、そして、研究グループに参加して下さった方々、また会議室の提供などなにかとご支援して下さいました阪神国際港湾(株)の篠原正治理事、そして事務局の方々に心から御礼申し上げる次第です。

なお、今回配布します報告書は要約版であり、本報告書は「海事研究協議会」のホームページ <https://rcmi.jp/> にアップしてありますので、ぜひご一読くださるようお願いする次第です。

2020年3月吉日

## 研究グループ代表者挨拶

研究グループ・リーダー 森 隆行

情報通信技術 (ICT) や人工知能 (AI) の技術が急速に向上しており、こうした新技術によるコンテナターミナルの効率化と生産性向上により、競争力の強化を図ろうとする動きが顕著である。その背景には世界的な労働賃金の上昇や労働者不足がある。

このことは、港湾に限らず物流業界全体に及ぶことである。こうした状況を背景に大きく 2 つの動きがある。デジタル化と自動化である。

アナログが「情報を物理量 (目に見える量) として表現する」のに対して、デジタルは、「すべての情報を区切って数字や記号で表現すること」である。情報を数値に変化する (デジタル化) によりデータの正確かつ保存が容易になる。デジタル化により膨大な情報の処理と伝達が可能になる。

自動化は、「人手によらず機械やコンピュータによる処理方式に変えること」である。人手に頼らないことで、自動化、省人化や無人化が可能になる。

海運業界におけるデジタル化については、2018 年 8 月、マースクラインと IBM が共同開発した「トレードレンズ」が公開され、今後コンテナターミナルへの利用も進むとみられるなど、デジタル化も大きな課題であるが、本報告書では、その対象をコンテナターミナルの「自動化」に絞った。

コンテナターミナルの自動化はロッテルダム港に代表されるように欧州が先行していたが、ここに来て中国諸港のコンテナターミナルの自動化が実現している。現時点では、2017 年 5 月に稼働を始めた青島港のコンテナターミナルが自動化ターミナルとして最新鋭であり、もっとも進んだものとみられる。こうした動きは、タイやインドネシアをはじめ他のアジア諸港にも広がりを見せている。

一方、日本では、名古屋の飛島南のヤードオペレーションの自動化が唯一の導入例であるが、横浜と神戸において、国土交通省の主導でヤードオペレーションの自動化の実証実験が行われたが、コンテナターミナルの自動化は遅々として進展していない。

なぜ、日本のコンテナターミナルの自動化導入が進まないのか、本報告書において、その背景を探り、日本のコンテナターミナルの歩むべき方向性について議論することを試みた。

自動化ターミナルといっても、実は、さまざまな受け止め方があり、明確に定義されているわけではない。非常に曖昧なまま、言葉が独り歩きしている。遠隔操作なのか完全自動化なのか、ゲートあるいはヤードの自動化なのか岸壁・エプロンの自動化なのか、こうした点を明確にする必要がある。

そこで、ここでは、ターミナルの自動化、あるいは自動化ターミナルを類型化し自動化の意味と範囲を明確にすることを試みた。さらに、世界のコンテナターミナルの自動化の現状を紹介し、日本の現状と合わせて、行政や業界など関係者の立ち位置についても言及した。

本報告書では、単にターミナルと記した場合でもコンテナターミナルを、また「自動化ターミナル」は「自動化コンテナターミナル」を意味するものである。

また、名古屋港では「自働化」と表記しているが、本報告書では引用部分を除き、「自動化」表記とした。

なお、本報告書の内容は、研究グループメンバーの個人の見解をもとに取りまとめたものであり、それぞれのメンバーの所属組織を代表した見解でない。しかしながら、研究メンバーには関連業界に身を置かれる方も多く、誤解を招くことを避けたいとの意向も多数あり、研究メンバーの公表は最小限に抑えた。

2020 年 3 月吉

海事研究協議会 「港湾の将来に着目した課題」 研究グループ  
「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」

目次

はしがき

目次

図表一覧

序章 調査・研究概要

2. 「港湾の将来に着目した課題」 グループ活動報告

3. 「港湾の将来に着目した課題」 研究グループ参加者名簿

第1章 世界と日本のコンテナターミナルにおける自動化の動向

1. コンテナターミナル自動化の類型

2. コンテナターミナル自動化の現状

(1) 海外の現状

(2) 日本の現状

①国土交通省の動向

②主要港の動向

③組合の動向

3. 自動化コンテナターミナルの例

(1) 飛島コンテナターミナル

(2) 青島港コンテナターミナル

(3) レムチャバン港 D ターミナル

第2章 生産性と効率

1. 生産性とは

2. 日本の生産性の現状

3. 生産性と効率性

4. 生産性向上の必要性

第3章 日本のコンテナターミナル自動化導入における意義と課題

1. コンテナターミナルへの自動化導入の意義

2. コンテナターミナルへの自動化導入における課題

(1) ターミナル規模が小さく投資に対する回収ができない

(2) 既存ターミナルを使用しながらの回収の困難性

(3) 人の方が機械より作業効率がよい

(4) 雇用問題

(5) 岸壁クレーンの地震への耐震性（日本独自の基準への適合性）

## 第4章 運輸・物流分野における技術革新と自動化の動向

### 1. 物流センターにおける技術革新・自動化の現状

- (1) ニトリの例
- (2) アマゾンの例

### 2. 運輸分野における技術革新・自動化の動向

- (1) 陸運（トラック）
- (2) 航空（ドローン）
- (3) 海運
  - ①船舶
  - ②係船装置

## 第5章 まとめ

### 参考文献

## 【図表一覧】

### 【 表 】

- 表 1 - 1 自動化ターミナルの自動化レベルの類型
- 表 1 - 2 世界のコンテナ取扱量上位 20 港の自動化導入化導入状況
- 表 1 - 3 飛島コンテナターミナルにおける自動化設備
- 表 3 - 1 日本の労働力人口の変化
- 表 3 - 2 コンテナターミナルへの自動化導入における問題点
- 表 4 - 1 全国で広がる自動運転サービスの実験
- 表 4 - 2 欧州を中心に進行している自律船に関わるプロジェクト

### 【 図 】

- 図 1 - 1 飛島コンテナターミナル・インゲート
- 図 1 - 2 飛島コンテナターミナル・コントロールルーム
- 図 1 - 3 飛島コンテナターミナル・自動化 RTG
- 図 1 - 4 飛島コンテナターミナル・AGV
- 図 1 - 5 青島港の 4 港区
- 図 1 - 6 青島港自動化ターミナル
- 図 1 - 7 青島港ゲート (in)
- 図 1 - 8 青島港ゲート (in)
- 図 1 - 9 ヤード内の自動オペレーション
- 図 1 - 10 AGV
- 図 1 - 11 青島港自動化ターミナル
- 図 1 - 12 STS Remote & Automated Control System
- 図 1 - 13 レムチャバン港配置図
- 図 1 - 14 ターミナル D ハチソンターミナル
- 図 1 - 15 ターミナル D ハチソンターミナル
- 図 1 - 16 ターミナル D ハチソンターミナル
- 図 2 - 1 日本の生産年齢人口と生産年齢人口一人当たりの GDP (単位：千人・千円)
- 図 2 - 2 生産性ランキング (1~30 位) (2016 年)
- 図 3 - 1 日本の企業数の変遷 (1999~2014 年)
- 図 3 - 2 現在の産業別労働者不足
- 図 4 - 1 ホームロジスティクス「オートストア」のビン (専用コンテナ)
- 図 4 - 2 稼働中のバトラー
- 図 4 - 3 作業中のデバンニングマシーン
- 図 4 - 4 アマゾンの導入した「Amazon Robotics」
- 図 4 - 5 トラック 3 台の高速道路の隊列走行実験

- 図4-6 アマゾンのドローンによる配送
- 図4-7 楽天のドローン
- 図4-8 Yara International の電動無人コンテナ船 (120TEU) 「YARA Birkeland」
- 図4-9 試験航行する「e-Oshima」
- 図4-10 旭タンカーの電気推進タンカー「e5」完成予想図
- 図4-11 自動係船装置の種類
- 図4-12 コンテナ船の自動係船の例
- 図4-13 コンテナ船の自動係船の例
- 図4-14 自動係船装置の装備されたコンテナターミナル
- 図4-15 「海翔丸」と自動係船装置
- 図5-1 将来の貨物輸送のイメージ

## 序 章 調査・研究概要

### 1. 研究の背景・目的

#### (1) 背景

AI（人工知能）や IoT（モノのインターネット）など急速に進む技術革新が港湾・ターミナルにも導入されている。近い将来、多くの仕事がロボットに置き換わるといわれている。アマゾンやニトリの物流センターではすでにロボットが主役になっている。サプライチェーンの一部である港湾・ターミナルにおいてもそういう日は間近に迫っている。ターミナル周辺産業では、船舶の自律運航の研究が欧州を中心に進んでおり、既にも実証実験の段階にある。また係船装置はすでに実用化の段階にある。ターミナルにおいても海外ではすでに完全自動化のターミナルも出現しており、その導入も米国やアジアに拡大している。先進情報技術をどのように利用するのか、日本の置かれている港湾・ターミナルの状況は海外と必ずしも同じではない。海外では AI など先進技術を取り入れた自動化においては日本より先行している。こうした状況の中で、日本においても自動化を進めるべきか、あるいは日本独自の道を進むのか。独自の道を進むとすればどのような道があるのか。しかし、ターミナルの自動化はすでに世界の潮流において既定路線であり、その流れを変えることはできない。こうした状況下で、世界の動きに取り残されないために、日本の港湾・ターミナルのあるべき姿を探る。

港湾・ターミナル問題は複雑な問題が多く存在する。こうした問題をすべて取り上げることは時間的制約から困難であるため、本研究ではコンテナターミナルの自動化に焦点を絞って取り組む。

#### (2) 目的

本研究の目的は、ターミナル自動化の曖昧な定義を明確にし、世界と日本のターミナル自動化の現状や課題を正しく理解してもらうことにある。そのうえで、世界におけるコンテナターミナル自動化が既定路線であるという前提に立ち、日本のコンテナターミナルへの自動化導入の意義と問題点を明らかにし、導入を後押しすることである。

#### (3) 問題意識

AI や IoT を利用した技術革新が急速に進む中、諸外国では、コンテナターミナルの自動化が大きな流れになっている。一方、日本のコンテナターミナルでは事情が異なっているように見える。将来見込まれる労働者不足にどう対処するのか。コンテナターミナルのハード、ソフト両面の技術開発において欧州や中国に劣後し、日本の産業基盤の弱体化が懸念される。こうした状況を背景に日本のコンテナターミナルの将来のあるべき姿を描く必要がある。

#### (4) 進め方

まず、世界のコンテナターミナルの現状と動向を把握することが必要である。同時に、タ



一ミナル関連機器の技術動向の現状を把握する。文献、各種資料及び、国際港湾協会篠原副会長、三井 E&S マシナリーや中国の上海振华重工 (集团) 股份有限公司 (ZPMC ; Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co. Ltd) へのヒアリングを実施。さらに青島港の自動化コンテナターミナルの視察を実施した。港湾労働者の調査においては、残念ながら適切は資料が見付けられなかった。ここで注意したいのは、日本では効率化と言われるが、生産性の視点からコンテナターミナル運営を見直してみた。

コンテナターミナル (港湾) も (グローバル) サプライチェーンを構成する要素の一部である。顧客 (荷主) に対して最適な物流を提供するという観点から、サプライチェーン全体の中で港湾が果たす役割を明確にすることが重要である。その意味から、サプライチェーンを構成するその他の要素である物流センター、海上輸送、航空輸送、陸上輸送 (トラック) における技術革新とそれを利用した新たな取り組みについても調査した。

## 2. 「港湾の将来に着目した課題」グループ活動報告

### 第1回会合

2018年3月7日 於；阪神国際港湾株式会社社会議室 出席者；12名

- ・研究方針
- ・講演「世界のコンテナターミナル事情」

篠原正治 (阪神国際港湾株式会社理事・国際港湾協会 (IAPH) 副会長)

### 第2回会合

2018年6月1日 於；阪神国際港湾株式会社社会議室 出席者；12名

- ・講演「コンテナ物流自動化、ICT化の国内外の状況」  
市村欣也 (三井 E&S マシナリー運搬機システム事業部)
- ・講演「コンテナ港湾における新技術の導入」「世界の自動化コンテナターミナル」

篠原正治 (阪神国際港湾株式会社理事・国際港湾協会 (IAPH) 副会長)

### 第3回会合

2019年7月5日 於；阪神国際港湾株式会社社会議室 出席者；11名

- ・「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」議論
- ・報告書作成方針

### 第4回会合

2019年11月20日 於；阪神国際港湾株式会社社会議室 出席者；9名

- ・「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」報告書 (案) について  
討議

### 第5回会合

2020年3月 Web 会議 参加者；12名 (+事務局)

- ・「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」報告書 (最終報告案)

### 3. 「港湾の将来に着目した課題」研究グループ参加者名簿

海事研究協議会		
課題研究グループ「港湾の将来に着目した課題」                      リーダー；森 隆行		
研究課題；「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」		
研究課題；「技術革新と情報活用に基づくコンテナターミナルの将来展望」		
グループ参加者名簿		
会員/理事	氏 名	所属等
理 事	森 隆行	流通科学大学商学部教授
会 員	篠原 正治	阪神国際港湾(株) 理事
会 員	田中 康仁	流通科学大学商学部准教授
その他 10名		
代表理事	赤塚 宏一	国際船長協会連盟副会長
理事・事務局長	井上 欣三	神戸大学名誉教授

登録者 13 名（除く事務局）であるが、希望により一部名前は不記載とした。

なお、本報告書の内容は、研究グループメンバー個人お見解を基に取りまとめたものであり、それぞれの所属組織を代表した見解でないことを付記する。

## 第1章 世界と日本のコンテナターミナルにおける自動化の動向

### 1. コンテナターミナル自動化の種類

コンテナターミナルはその機能によって大きく3つに分類出来る。ゲートとコンテナヤードおよび岸壁・エプロンである。ゲートは、コンテナのコンテナターミナルへの搬出入の接点である。コンテナヤードは、コンテナの蔵置、そして岸壁・エプロンではコンテナの本船への揚積といった機能がある。ここで、ターミナルの自動化といった場合、これら3つのどの機能を自動化するかということを確認する必要がある。次に、自動化の意味を正確にする必要がある。自動化と無人化を同一視するケースも見られる。また、自動化の中には、有人自動、遠隔自動、完全自動にわかれる。ここで、自動化といった場合は、無人化とは別である。また、一部RTG (Rubber Tired Gantry Crane) などで有人自動もあるが、ここで自動化といった場合は遠隔自動および完全自動を意味するものとする。これを整理し一覧表にしたものが表1-1である。この表では、荷役機器の詳細については省いた。自動化の導入度合いによって第1段階から第3段階の3つに分類することが出来る。

表1-1 自動化ターミナルの自動化レベルの種類

	荷役場所/機能	荷役機器		分類		
				第1段階	第2段階	第3段階
C	ゲート・移載場	移載機	クレーン・SC	遠隔自動 化ヤード	完全自動化 ヤード	自 動 化 CT
	蔵置ヤード	ヤードクレーン	RTG・RMG・ASC			
		構内横持ち	シャーシ・SC・AGV			
T	岸壁・エプロン	岸壁	岸壁クレーン (STS/QC)	—	—	
	導入ターミナルの主な例			BEST・釜 山PNC・ド パイ P3	ETC Delta, Euromax・ 飛鳥南、パト リククター ミナル	APMT MV2・青 島・上海・ LB OOCL タ ーミナル

出所：(株)三井 E&S マシナリー資料を基に作成

注) **遠隔自動**；機上に運転手は搭乗しておらず、安全確認必要な操作や故障時の対応等遠隔地から運転手が操作するクレーン。

**完全自動**；機上に運転手は搭乗しておらず、遠隔操作も全く行わない故障時は作業員が機側運転。

(三井 E&S マシナリー社による定義)

注) **CT**; Container Terminal **RTG**; Rubber Tired Gantry Crane **RMG**; Rail Mounted Gantry Crane

**ASC**; Automated Stacking Crane **SC**; Straddle Carrier **AGV**; Automated Guided Vehicle

**STS/QC**; Shore to Ship (Crane) = Quay Crane

コンテナターミナル自動化の第1段階は、ヤードに遠隔操作のASC (Automated Stacking Crane) やRMG (Rail Mounted Gantry Crane) を導入することによるオペレーションを実現する。ただし、ヤード内の移動は有人のSC (Stacking Crane) やシャーシにより作業を行う。第2段階は、同じくヤードのオペレーションの自動化であるが、ヤード内の移動をAGV (Automated Guided Vehicle) により完全自動を実現する。ヤード内のASC (Automated Stacking Crane) やRTG/RMG (Rubber Tired Gantry Crane/ Rail Mounted Gantry Crane) は、遠隔操作と完全自動の場合がある。例えば、飛鳥南は遠隔操作RTG (Rubber Tired Gantry Crane) であるが、ETC デルタターミナルでは完全自動ASC (Automated Stacking Crane) を導入している。第3段階は、第2段階のヤードの完全自動に加えて岸壁クレーン (STS : Shore to Ship Crane) に遠隔自動クレーンを取り入れている。STS (Shore to Ship Crane) は、青島港のように、完全自動と言いながら、一部遠隔操作が残るなど100%完全自動ではないようだ。

## 2. コンテナターミナル自動化の現状

### (1) 海外の現状

コンテナターミナルの自動化の導入は、1990年代の初めであるが、2000年代前半までは大きな広がりは見せなかったが、2010年代頃から急速に自動化ターミナルが増えていった。正確な数値はないが、現在稼働している、先述の分類 (表1-1) による第1段階以上の自動化ターミナルは、世界全体で約60ヶ所と推定される。そして、これらの自動化ターミナルで取り扱われるコンテナの数量は世界全体の6~10%と推測する。現在、自動化ターミナルの建設も急ピッチで進んでおり、建設中のターミナルを含めると自動化ターミナルで取り扱われるコンテナは12~13%に達すると見込まれる。

コンテナターミナルの自動化で先行したのはロッテルダム港はじめ欧州諸港のターミナルであったが、近年、中国諸港のコンテナターミナル自動化が急速に進んでいる。

欧州では、ロッテルダム港のECT Delta およびEuromax (第2段階) やAPMT Maasvlakte2 (第3段階) がある。また、バルセロナ港のBEST (Barcelona Europe South Terminal) のヤードのオペレーションに遠隔自動のASC (Automated Stacking Crane) を導入している (第1段階)。欧州で、新たに建設されるターミナルは、ほぼ第2段階以上の自動化である。

米国では、西岸のロングビーチ港のOOCLのターミナルが第3段階の自動化、ロサンゼルス港の商船三井のターミナル (TRAPAC) において第2段階の自動化ターミナルが稼働している。同ターミナルでは、ストラドルキャリアによる自動化オペレーションを行っている。

豪州では、オーストラリアのブリスベン港パトリックターミナルが、ロサンゼルス港におけるTRAPACと同様、ヤードオペレーションをストラドルキャリアによる自動化ターミナルを実現している。

表 1 - 2 世界のコンテナ取扱量上位 20 港の自動化導入化導入状況

順位	港名	コンテナ取扱量 (千 TEU)	自動化 導入状況	自動化 段階
1	上海 (中国)	42,010	○	第 3 段階
2	シンガポール (シンガポール)	36,600	○	第 2 段階
3	寧波 (中国)	26,350	×	
4	深圳 (中国)	25,740	×	
5	広州 (中国)	21,870	○	第 3 段階
6	釜山 (韓国)	21,660	○	第 1 段階
7	香港 (中国)	19,600	○	第 1 段階
8	青島 (中国)	19,320	○	第 3 段階
9	ロサンゼルス/ロングビーチ	17,550	○	第 3 段階
10	ドバイ (アラブ首長国連邦)	14,950	○	第 3 段階
11	天津 (中国)	16,010	○	第 3 段階
12	ロッテルダム (オランダ)	14,510	○	第 3 段階
13	ポートケラン (マレーシア)	12,320	×	
14	アントワープ (ベルギー)	11,100	○	第 1 段階
15	厦門 (中国)	10,700	○	第 3 段階
16	高雄 (台湾)	10,450	○	第 1 段階
17	大連 (中国)	9,770	×	
18	ハンブルグ (ドイツ)	8,770	○	第 2 段階
19	タンジュンペラパス (マレーシア)	8,960	○	第 1 段階
20	レムチャバン (タイ)	8,070	○	第 3 段階

出所：日刊 CARGO 2018.2.28/2018.3.28 を基に作成

コンテナ取扱量は 2018 年度実績に修正。

広州の第 3 段階自動化ターミナルが今年中には稼働の見込み。

注) 第 1 段階：RMG などのテナーについて、遠隔操作化を導入

第 2 段階：第 1 段階に加え、AGV などを導入しヤード内を自動化

第 3 段階：第 2 段階に加え、ガントリークレーン (STS) の自動化・遠隔操作を導入、ターミナル全  
て自動化

中国では、青島港、上海港、天津港、厦門港の一部ターミナルが第 2 段階から第 3 段階の自動化を実現しているようだ。香港は第 1 段階。中国以外では、釜山 PNC、ドバイ T3、高雄港、タンジュンペラパス港が第 1 段階の自動化を実現。日本の名古屋港飛島南が第 2 段階の自動化ターミナルである。インドネシアのスラバヤのタンジュンペラックの新

ターミナル PT Terminal Teluk Lamong では ASC (Automated Stacking Crane) による自動化ヤードオペレーションが行われている。また、タイのレムチャバン港のハチソンが運営するターミナル D が 2019 年 1 月、上海振华重工 (集团) 股份有限公司 (ZPMC ; Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co. Ltd のシステム、機器を導入して自動化ターミナルが稼働を始めた。他にも、アブダビのハリファ港は、China COSCO Group による半自動ターミナルが 2019 年 2 月に稼働。モロッコのタンジール港は 2019 年 7 月、STS (Shore to Ship Crane) 遠隔操作による自動化ターミナルがオープンしたと APMT が発表するなど、今や、欧州など先進国だけでなく世界の至る所でターミナルの自動化が進んでいる。

## (2) 日本の現状

日本では、2005 年名古屋港で新たに建設された飛島コンテナターミナルで遠隔操作によるヤード荷役の自動化、次いで AGV (Automated Guided Vehicle) を導入している。また、横浜港、神戸港でヤード荷役自動化の実証実験が行われた。

なお、岸壁クレーンは日本ではガントリークレーンと呼ばれているが、海外では STS (Shore to Ship Crane) または QC (Quay Crane) とする。本稿ではいずれも同義語として扱った。

### ① 国土交通省の動向

国土交通省は国際競争力強化の観点から、港湾の中期的政策を発表、その中でコンテナターミナルにおける AI の活用を上げている。「国土交通省の交通政策審議会 (国土交通大臣の諮問機関) は 2018 年 6 月 27 日、港湾分科会を開催し、港湾に関する中長期的な政策の方向性を盛り込んだ「PORT 2030」の最終取りまとめを大筋了承した。港湾の国際競争力向上などの観点から「新たな物流・産業拠点として生まれ変わるために新技術を活用した大胆な変革が求められている」と強調。目指すべき具体的な姿として、IoT (モノのインターネット) や AI (人工知能) を駆使して各種オペレーションを効率化し、利便性を高めた「AI ターミナル」の実現などに取り組む方針を打ち出した。(中略) AI ターミナルは、ガントリークレーンの“自動化”や AGV (Automated Guided Vehicle、無人搬送車) の投入などでオペレーションの生産性を世界最高水準まで改善すると同時に労働環境の改良も達成すると想定。加えて、活用している技術やインフラ整備のノウハウを一括して海外に売り込んでいくとのシナリオを描いた。」(LOGI-BIZ2018 年 8 月号から抜粋)

### ② 主要港の動向

横浜港運協会は、2018 年 6 月に開かれた通常総会において、2018 年秋に 15~16 人編成の海外港湾視察を実施する方針を明らかにした。「世界には約 700 のコンテナターミナルがあるが、新しい時代に向けて外国の港に負けるわけにはいかない。港湾における AI (人工知能) や IoT (モノのインターネット) の活用がどうなっているか実態を見に行く。海外で

はIoT（モノのインターネット）活用や自動荷役が行われている港湾もあるが、その発展のプロセスを勉強し、生かしていきたい」（藤木幸夫会長）（日刊 CARGO2018.6.21 の記事から一部抜粋）

神戸港は、国土交通省の発表した港湾に関する中期政策「port2030」に呼応し、神戸港の関係者で構成する「Port 神戸 2020 委員会」を開催。IoT（モノのインターネット）やAI（人工知能）の活用について話し合い、日本港運協会の久保昌三会長は『全自動などAIターミナルの構築に向けて、検討チームを立ち上げたい』と話した。（日経新聞 2018.8.21）

その第一歩が、ヤード荷役作業の遠隔操作によるRTG（Rubber Tired Gantry Crane）の導入であるとして、神戸市や神戸港にある港湾会社、労働組合と話し合いを進めるという。

名古屋港では、国土交通省の補助を活用して、鍋田ふ頭で遠隔操作RTG（Rubber Tired Gantry Crane）40基と遠隔操作卓やデータ転送施設などを導入する計画である。

### ③ 組合の動向

日本港湾労働組合連合会（日港労連）は、2018年度運動方針において「港湾労働の自動化・機械化に対して反対」を表明している。全国港湾労働組合連合会（全国港湾）の糸谷委員長は日刊 CARGO のインタビューの中で次のように述べ、やや柔軟な姿勢を示している。「自動化には基本的に反対の姿勢であるが、CT（Container Terminal）全域が港湾労働者の職域として位置付け、既存の労働者の職域と雇用を確保する前提があるならば、具体的な提案があった時に組合として協議<sup>1</sup>に応じる用意がある。その場合、提案には具体的にどの港湾でどういう形でどの程度の自動化が導入されるのかということが示される必要がある。総論としては基本的には反対だが、各論が示されれば検討することもできる」（日刊 CARGO2018.7.2 から抜粋）

## 3. 自動化コンテナターミナルの例

### (1) 飛島コンテナターミナル

日本で唯一コンテナターミナルに自動化設備を導入している名古屋港の飛島コンテナターミナルの自動化設備の概要について以下まとめた。飛島コンテナターミナルの自動化段階は先述の分類でいうと第2段階であり、ヤードの自動化までである。遠隔自働RTG（22台）とAGV（自働搬送台車）（33台）の組み合わせで効率運営を図っている。

表1-3 飛島コンテナターミナルにおける自動化設備

装 備	概 要
インゲート ／アウトゲ	インゲート...コンテナの搬入・搬出受付処理を行う。最新のヤードオペレーションシステムで、進入トレーラのナンバープレートを自動で読み

<sup>1</sup> 2005年に名古屋港・飛島埠頭南側CTでRTGの遠隔操作化の導入した時に、CT自動化は事前協議の対象であるという港運労使で確認書が締結されている。

ート	<p>取りコンテナの登録情報とのマッチングを行い、受け付けられた搬入搬出のジョブをシステムが迅速に処理し、コンテナの受け渡し場所を決定・指示する。</p> <p><b>アウトゲート...</b>ハンディ端末を使用し、効率的なコンテナの搬出処理を行う。レゴごとにチェッカーを配置し、ハンディ端末に表示されたコンテナ登録情報をもとにコンテナナンバーの照合、シールナンバー・ダメージ状態のチェックを行いデータ送信する。情報は無人台車から<b>EIR(Equipment Interchange Receipt 機器受け渡し証)</b>が発行され、輸入コンテナは目的地へ搬送される。</p>
遠隔操作室	<p>無人の自働 RTG のモニター映像を確認しながら遠隔操作できるオペレーティングデスクを7台設置。22機の RTG を数名のオペレーターで操作することにより、飛躍的に作業効率が向上する。また、将来の少子・高齢化社会対策だけでなく、365日・24時間稼働ターミナルとして、深夜・極寒・酷暑での高所作業といった作業環境の改善を行っている。</p>
遠隔自働 RTG(ラバータイヤ式ガントリークレーン)	<p>世界初の、ラバータイヤ式の門型クレーンとして遠隔操作を実現する。遠隔自働 RTG システムが無人 RTG の状況を常に制御する。RTG の運用面で平準化稼働をねらいとしたターミナル管理システムを開発し、導入設備の(ムダ・ムラ・ムリ)な動きを極力廃止し、エネルギー削減だけではなく、全設備の最大稼働をねらって「安心予備設備」の導入を廃止する。</p>
ガントリークレーン (QC)	<p>大水深(16m)の岸壁に立つ日本最大級のガントリークレーン。コンテナを吊り上げるクレーン部分の橋げたには、世界最先端のモノボックス構造を採用し、従来は2本だった橋げたを1本にすることで、強度を下げることなく軽量化を実現する。また、アウトリーチは岸壁から59mもの長さがあり、これはコンテナ22列分に相当し、現在運航されている世界最大級のコンテナ船に対応している。</p>
AGV(自働搬送台車)	<p>AGVは、ターミナル運行管理システムから無線通信により自働制御されている無人のコンテナ搬送用台車で、自働 RTG との連携によりガントリークレーンの能力を活かし本船荷役の定時性確保に威力を発揮する。</p>

出所：一般財団法人日本船舶技術研究協会「自律型海上輸送システムの将来像及び期待されるビジネスモデルに関する調査研究」(2017年度成果報告書)、

名古屋港 HP <http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html>

注)名古屋港では「自働化」と、「働」の字を使っている。

図1-1 飛島コンテナターミナル・インゲート



出所；飛島コンテナターミナル HP かと引用 [Http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html](http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html)



図 1 - 2 飛島コンテナターミナル・コントロールルーム



出所；飛島コンテナターミナル HP から引用 [tp://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html](http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html)

図 1 - 3 飛島コンテナターミナル・自動化 RTG



出所；飛島コンテナターミナル HP から引用 [Http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html](http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html)

図1-4 飛島コンテナターミナル・AGV



出所；飛島コンテナターミナル HP から引用 [Http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html](http://www.tcb-terminal.co.jp/terminal.html)

## (2) 青島港コンテナターミナル

### ① 青島港概要

青島港の開港は1892年に遡る。青島港は青島大港港区 (Dagang Port area)、黄島油港区 (Huangdao oil port area)、前湾港区 (Qianwan port area)、董家口港区

(Dongjiakou Pot area) 等の4大港区で構成されている。バース数は121ヶ所、岸壁の長さは28キロメートル。主要貨物は石炭、原油、鉄鋼、穀物などで、原油の積卸が国内第一位の港である。世界180ヶ国の700の港湾と結ばれている。青島港の貨物取扱量は、4億9,749万トン(2015年)、コンテナ取扱量は、1,800万TEU(2016年)で世界第8位。コンテナ取扱量は急増、1997年に100万TEUを超え、2008年には1,000万TEUを超えた。コンテナ航路は約150航路ある。

2002年、コンテナ取扱が青島大港港区 (Dagang Port area) から前湾港区 (Qianwan port area) に移り現在に至っている。2003年、青島港集団 (Qingdao Port Group(31%))、DPW (29%)、APMT (20%)、COSCO (20%) により「青島前湾コンテナ埠頭有限公司」(Qingdao New Qianwan Container Terminal Co. Ltd.; QQCT) 設立。2009年、コンテナターミナル運営会社「青島新前湾コンテナ埠頭有限公司」(Qingdao New Qianwan Container Terminal Co. Ltd.; QQCTN) が、QQCT (80%)、香港泛亞国際航運有限公司 (Pan Asia International Shipping Co (20%)) により設立。

図1-5 青島港の4港区



出所；青島港集団ホームページより

注) 前湾港区 (Qianwan port area) コンテナターミナルは、

北側 11 バース、STS39 期、水深 17.5 メートル

南側 11 バース、STS41 期、水深 20 メートル、内 2 バースが全自動ターミナル

## ② 青島港自動化ターミナル概要

2017年5月11日、計画6ターミナルの内の2つの自動化ターミナルが稼働開始。残りの4ターミナルは2年後の完成見込みである。6ターミナルすべてが完成すれば、520万TEU/年取り扱いが可能。現在の2ターミナルの取り扱い目標は150万TEU(2018年にも達成見込み)。開発期間は、企画・計画から完成まで3年半の歳月を要した。2バースの長さは660メートル。6バース完成すれば2,088メートルになる。現在14航路が、全自動ターミナル2バースを利用(2-3隻/日)している。

ターミナルオペレーターは、「青島新前湾コンテナ埠頭有限公司」(Qingdao New Qianwan Container Terminal Co. Ltd.; QQCTN)である。荷役機器は、岸壁クレーン(STS Shore to Ship)が7基、トランステナー38台、AGVを38台保有する。STSを含め危機はすべてZPMC製である。

STSによる揚積実績は、平均で30個/時間である。稼働開始時にすでに26個/時間であった。さらに、最高記録は、システム設計上の最大値である40個にほぼ近い39.74個/時間を記録している(QQCTNによる)。世界の平均揚積の実績は20個/時間程度であることを考えればかなりの高い実績と言える。

以下、QQCTNの説明である。

「ここで表した数値は、TEUではなく、「個」です。青島港の他のターミナルの揚積実績は、25~28個/時間(青島港)です。自動化ターミナルの効率性が明らかです」

(QQCTN)

「人員削減効果は、それまで85人から9人へ削減されました。STSは完全自動ではなく、一部遠隔操作です。地上2.6メートルになると自動から手動(遠隔)に切り替わるため、現時点では、STSには1基に1人が必要です。トランステナー、AGVは各一人ですべてをモニターします。将来は、一人が複数のSTSを操作できるようにしたい」(QQCTN)。

しかし、メーカーのZPMCによると、現時点では、一人のオペレーターが複数のSTSを操作することは、一部遠隔操作による作業があるため無理だとのこと(ZPMC)。また、STSオペレーター以外にSTSごとにロックを外す人手(これは人手で行っている)が必要である。また、リーファーコンテナのプラグの接続なども現状は手作業に頼らざるを得ない。つまり、STSクレーンのオペレーター以外にも若干の作業員は必要である。それでも大幅な人員削減効果があることに議論の余地はない。

図1-6 青島港自動化ターミナル



写真；筆者撮影(2018.3.20)



### ③ システム概要

Terminal Operation System (TOS) は、米国 Navis 製を採用。ヤード、荷役システムは ZPMC。ターミナル全体のシステム (TOS) とヤード・荷役システムのインターフェイスによりシステムを動かしている。

- ・ゲートシステム 自動化
- ・ヤードオペレーションシステム AGV による自動化。AGV はグラウンドにマグネット (直径 2cm) を埋め込み AGV を誘導。AGV は自動充電。
- ・荷役システム 自動化 (一部マニュアル; コンテナ地上 2.6m からマニュアル操作、およびロック除去作業は人力)

図 1-7 青島港ゲート (in)



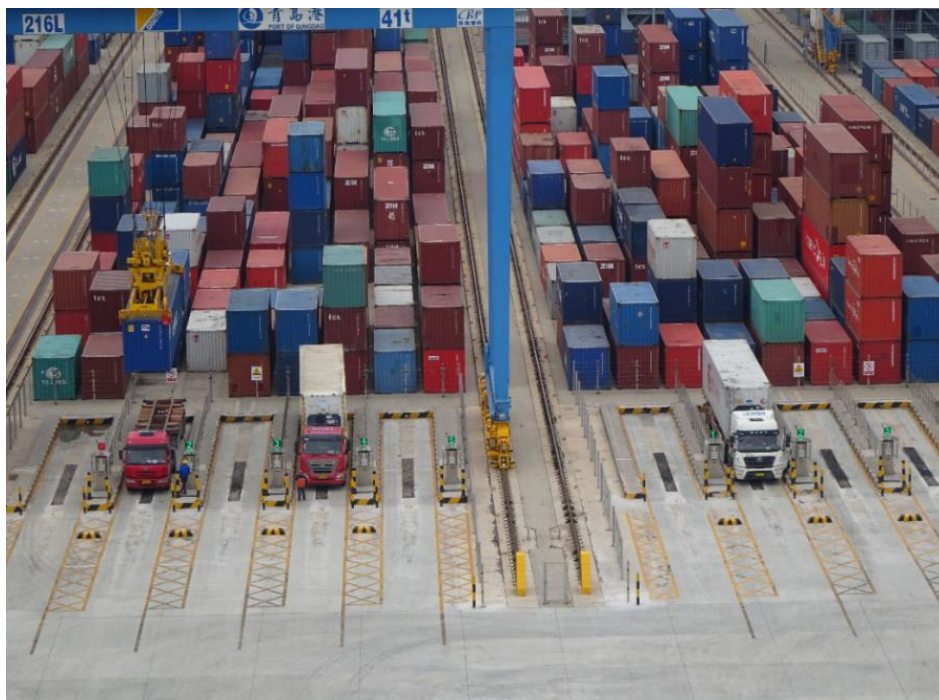
写真; 筆者撮影 (2018.3.20)

図 1-8 青島港ゲート (in)



写真; 筆者撮影 (2018.3.20)

図1-9 ヤード内の自動オペレーション



写真；筆者撮影（2018.3.20）

図1-10 AGV



写真提供；ZPMC

図 1 - 11 青島港自動化ターミナル



写真提供；阪神国際港湾株式会社理事 篠原正治

図 1 - 12 STS Remote & Automated Control System



写真提供；ZPMC



### (3) レムチャバン港 D ターミナル

2019年1月、ターミナルD（ハチソン）の遠隔操作による自動化ターミナルの一部が稼働をはじめた。ターミナルD1-D3の工事が始まったのは2016年で、当初は2018年稼働の予定であった。

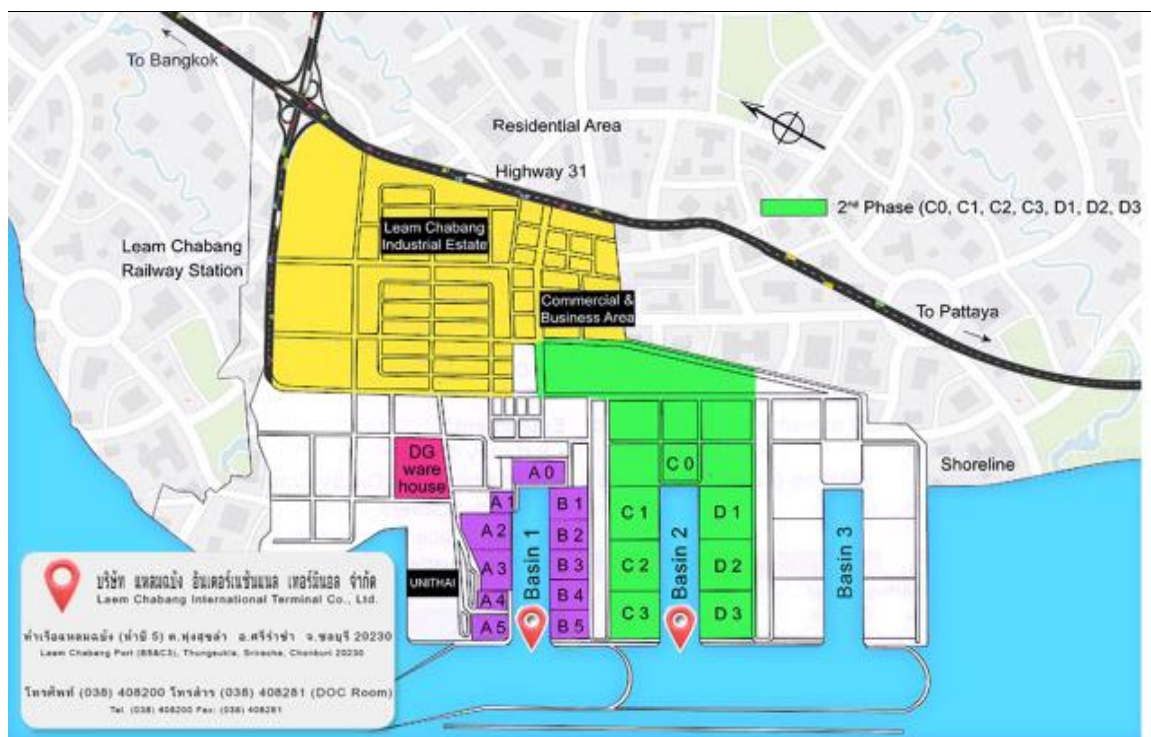
岸壁長400メートル、3基のスーパー・ポスト・パナマックスクレーン、10基のヤードクレーンを導入。水深は16メートルである。

2019年央には第2段階が稼働予定である。岸壁長1,000メートル、6基のスーパー・ポスト・パナマックスクレーン、20基のヤードクレーンの体制となる。

最終的には、総面積77ヘクタール、岸壁長1,700メートル、17基のスーパー・ポスト・パナマックスクレーン、43基のヤードクレーン、コンテナ取扱能力は年間340万TEUとなる。

設備・機器は中国のZPMC製である。

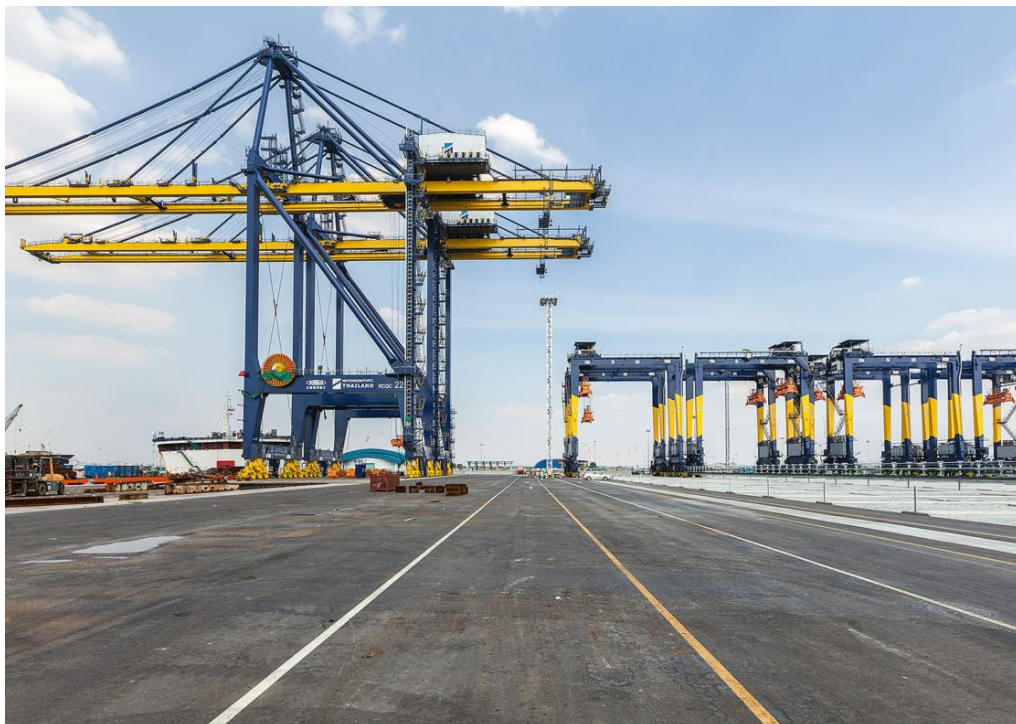
図1-13 レムチャバン港配置図



出所：ハチソン HP

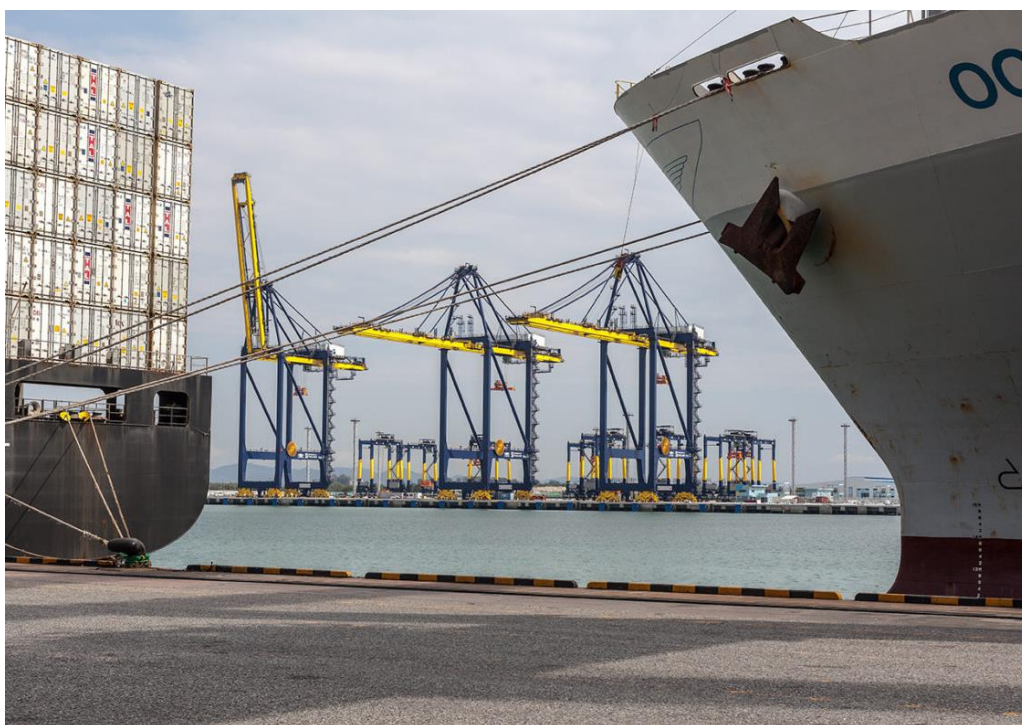


図1-14 ターミナルD ハチソンターミナル



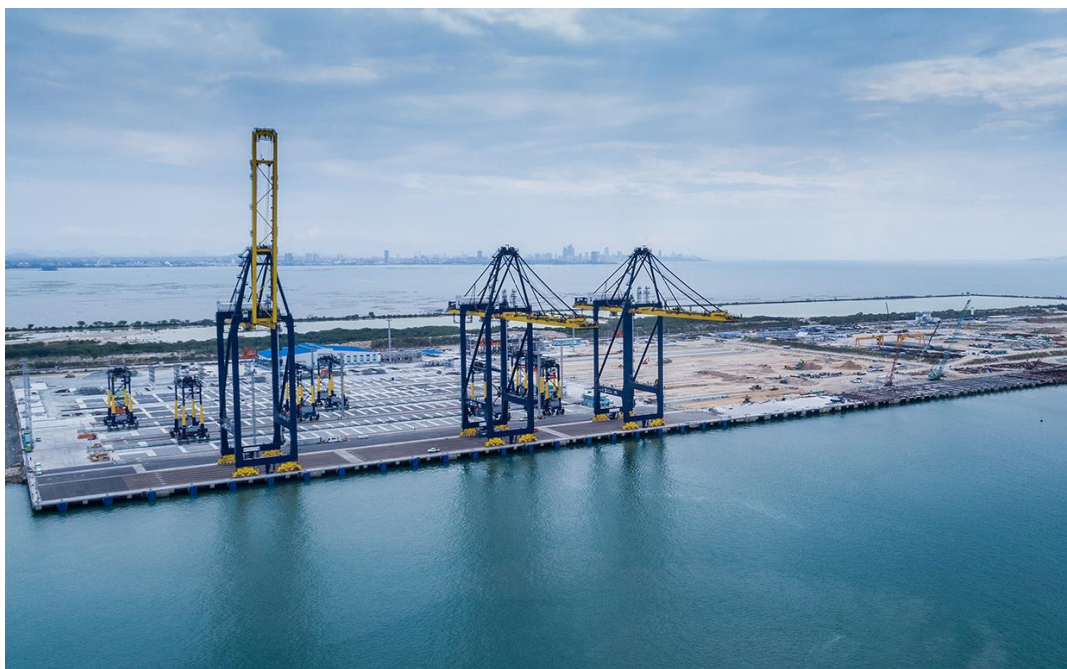
出所：ハチソン HP

図1-15 ターミナルD ハチソンターミナル



出所：ハチソン HP

図 1-16 ターミナル D ハチソンターミナル



出所：ハチソン HP

## 第2章 生産性と効率

### 1. 生産性とは

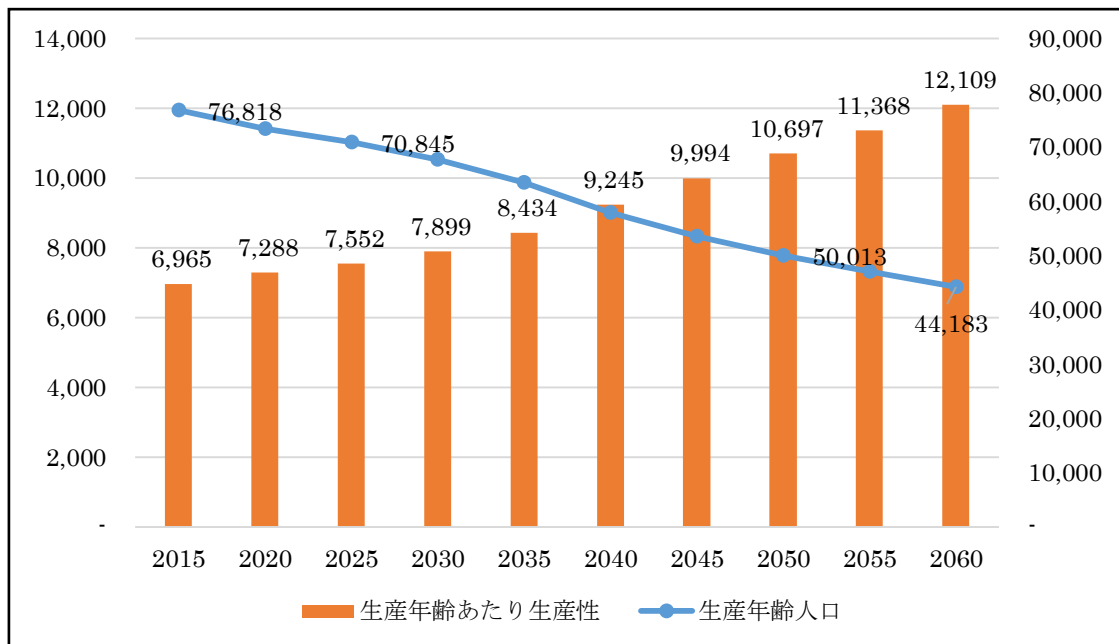
2015年から2060年にかけて日本の生産年齢人口（15~64歳）は、およそ3,264万人減少する。これは英国の就業者数3,221万人を上回る。人口減少する中でGDPを維持するには生産性を上げるしかない。生産性を上げるためには、「より少ない人数で同じ付加価値を生み出す」「同じ人数を使ってより多い付加価値を生み出す」の2通りの方法がある。いずれにしても、一人当たりの生産性を上げることである。

改めて「生産性」とは何か。その定義を見ると、生産性とは、「一人当たりのGDP」一般的には、GDPは、購買力調整後とする。GDPは、一定期間内に国内で生み出された付加価値の総額。

### 2. 日本の生産性の現状

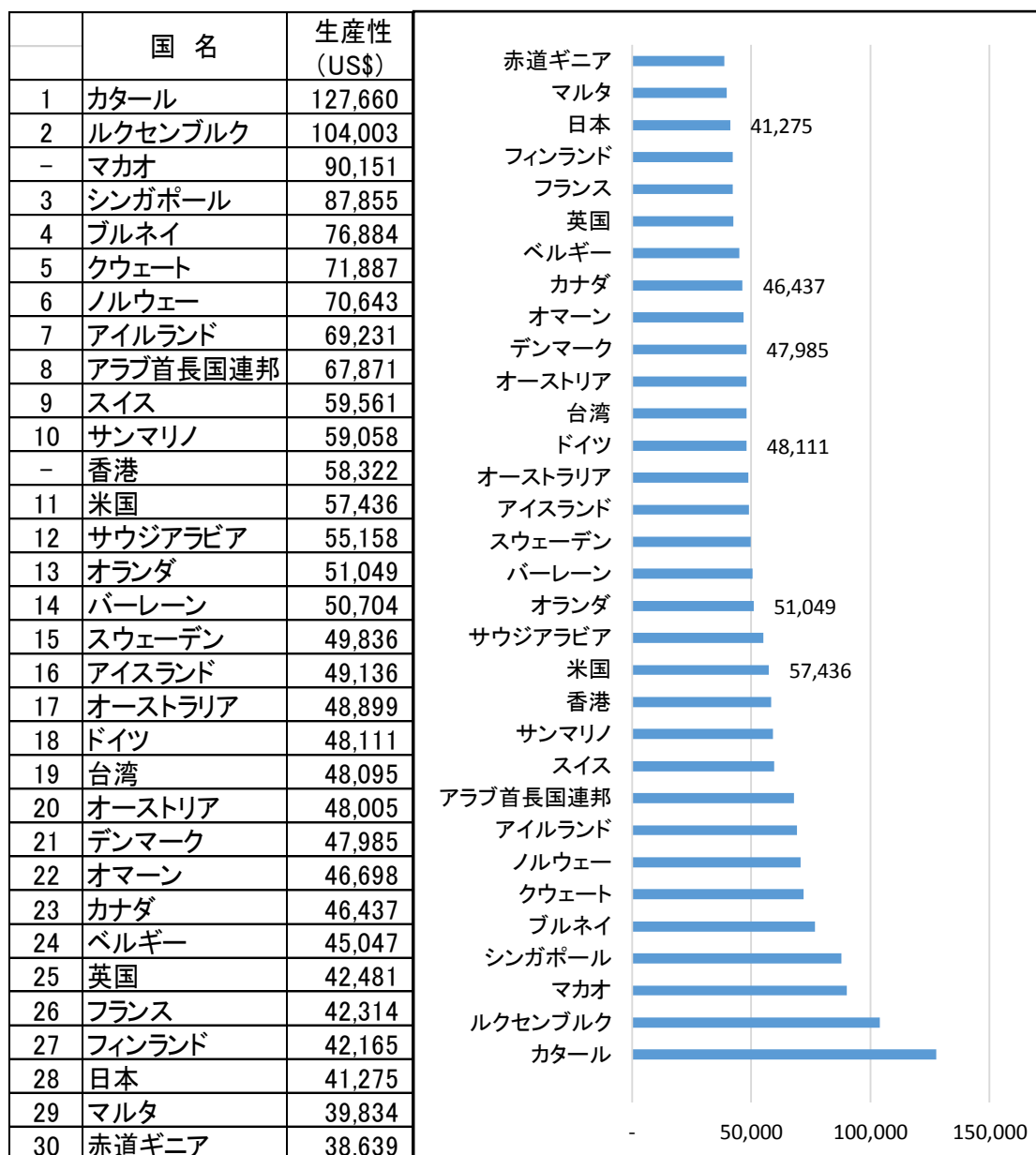
日本のGDPは周知のとおり世界第3位であるが、世界における日本の生産性は、28位と低い（図2-2）。15-64歳の労働力人口当たりの生産性で見ると29位である。IMFの区分では、一流先進国は人口一人当たりGDP（購買力調整済）5万米ドル以上の国としており、3.5万米ドル以上、5万米ドル未満は二流国としている。日本の一人当たりGDPは、41,275米ドルである（図2-2）つまり、日本は二流国である。

図2-1 日本の生産性と生産年齢人口（単位：千人・千円）



出所：国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」

図2-2 生産性ランキング (1~30位) (2016年)



出所：デービッド・アトキンソン「新・生産性立国論」東洋経済新報社（2018）

購買力調整済、単位US\$

### 3. 生産性と効率性

日本の労働者の質は高いと言われる。World Economic Forum2016によると日本の労働者の質は世界第4位と高い。したがって、生産性も高いと考えられがちであるが、実は生産性は低く、人材の質と生産性のギャップが世界一大きいのが日本である。

往々にして、効率性と生産性が混同して使用されることが多く、効率性が良いことと生産性が高いと誤解されることが多い。効率性とは、「資源・財の配分について無駄のないこ

とを意味する」のであって生み出される付加価値ではない。

それでは、なぜ生産性の低い日本が GDP 世界第 3 位なのか。それは、人口が多いからである。その典型が中国である。一人当たり GDP7,000 米ドルの中国がなぜ GDP 第 2 位なのか。人口が多いからである。

日本のコンテナターミナルのコンテナ揚げ積本数は、ガントリークレーン 1 基/時間あたり 35 本以上である。青島港の新ターミナルは、同 30 本である。日本の労働者の質は高く、非常に効率の高い仕事をする。しかし、これを生産性の観点から見るとどうなるだろう。つまり、ここで生産性は、ガントリークレーン 1 基で時間あたりコンテナを揚げ積するのに従事する労働者の数で割った数値である。日本の場合、1 ギャングは 10 数人で構成されているので 35 本/1 ギャング（人数）である。一方、青島港の新ターミナルは自動化されており、ガントリークレーンは遠隔操作に携わるオペレーターが一人である。つまり、30 本/人である。日本の生産性が 2-3 本/人に対して、青島港は 30 本/人と日本に比べ遥かに高い。青島港は日本のコンテナターミナルに比べて効率では劣るが生産性ははるかに高いことが分かる。

生産性と効率性は違うことを認識することが重要である。

#### 4. 生産性向上の必要性

日本の港湾労働は、労働力によって支えられているのであって、一人当たりが生み出す付加価値としての生産性は高いとは言えない。その生産性は世界ランキングでは第 28 位である。かつて、新興国では機械化より人手でやる方が低コストであるという理由から機械化しなかったことと同じことが日本で起こっている。

今後、日本の人口、特に労働力人口は急激に減少する。生産性、つまり労働者一人当たりの生み出す付加価値が同じであれば、GDP は減少する。GDP の減少は国が貧しくなることを意味する。そうならないために、GDP を維持するためには労働者一人当たりの生産性を上げなければならない。逆に言えば、生産性を上げれば現在の GDP を維持あるいは増やすことも可能となる。生産性の向上は、新技術を使ったイノベーションによって可能である。ここでいう新技術は、機械化（ハード）のみならず IT（ソフト）を含む。

労働者人口が急激に減少する日本では、積極的に IT など新技術を導入して省人化を図り、生産性の向上を図る必要がある。

日本は、これまで質の高い労働力による高い生産性により競争力を維持してきた。現在、生産性の低い国においては、新しい技術を導入することで生産性を高めており、日本との差は縮小、あるいは逆転しているのが現状である。日本の労働事情を考えればいつまでも労働の質に依存した競争力の維持は難しい。港湾労働においてもこのままでは将来は、その生産性においても逆転される日は遠くないと言わざるを得ない。



### 第3章 日本のコンテナターミナル自動化導入における意義と課題

#### 1. コンテナターミナルへの自動化導入の意義

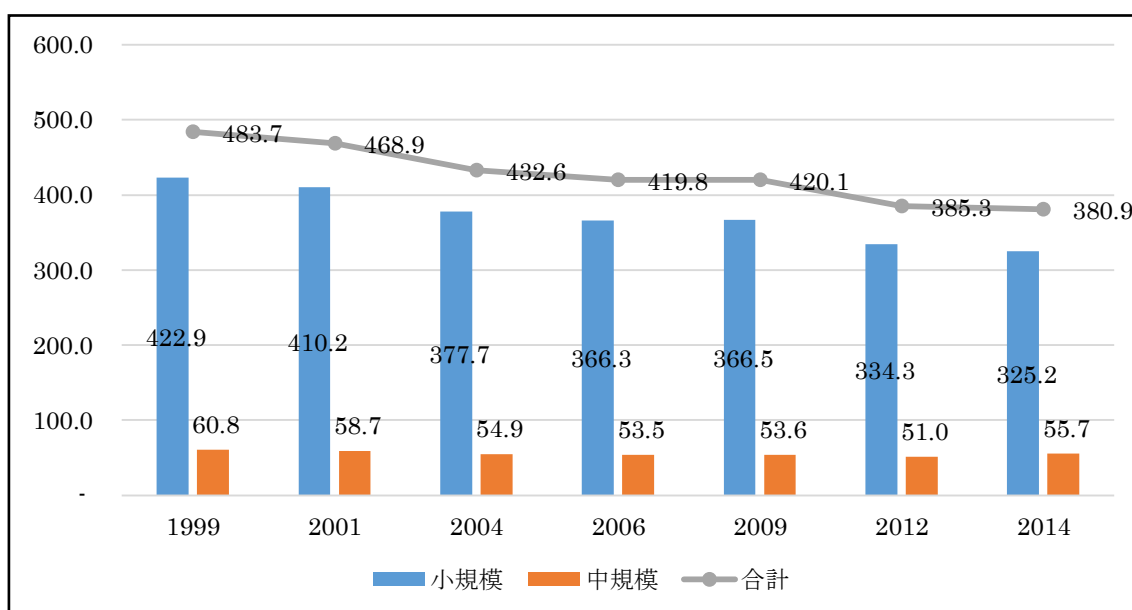
総人口に占める労働力人口の割合は、2014年 52%、2060年には44%と半分を割り込む。また、総人口に占める非生産人口の65歳以上の高齢者の割合は、2015年で26.6%、2065年には38.4%に達する見込みである。

人口の減少は、消費の減少、つまりあらゆるものの需要が減少することを意味する。このことは、中小企業が過去15年間で22%減少（小規模企業23%減少、中規模企業9%減少）していることから明らかである（図3-1）。人口減少により労働力が減少し、そのことが需要を減少させる。その結果、企業の淘汰というように繋がっている。需要の減少は、供給過剰状態を引き起こす。企業の淘汰は供給過剰の結果である。現在多くの企業が海外進出を図っているのは、国内市場の縮小により、海外に需要を求めてというのがその理由である。

港湾、ターミナル事業を振り返ってみれば、アジアを中心に世界のコンテナ需要が大きく伸びているのに比べ日本のコンテナ取扱量は、微増である。相対的に地位が低下しているのはその結果である。日本のコンテナ取扱量は、短・中期的には横ばいあるいは微増、長期的には減少すると見込まれる。こうした中で、現状の労働事情を見てみると、全産業の中で最も労働事情が逼迫しているのが運輸・倉庫である（図3-2）。加えて、現在政府の推進する「働き方改革」により熟練労働者と長時間労働という現在のやり方では現状のコンテナ取扱量をさばくことは難しくなると考えられる。

図3-1 日本の企業数の変遷（1999~2014年）

単位：万



出所：日刊 CARGO 2018.6.12 中小企業庁・取引状況調査

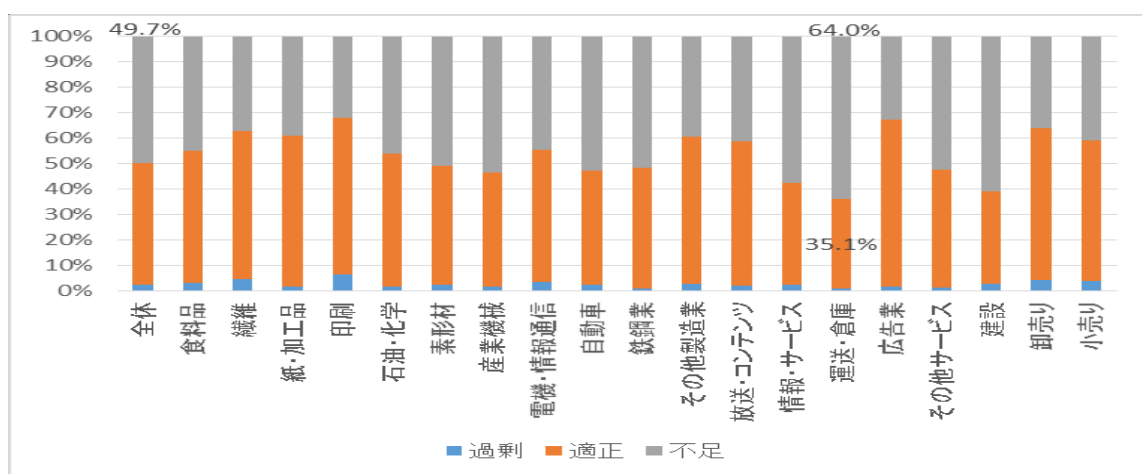
表 3-1 日本の労働力人口の変化

年	労働力人口 (万人)	2014 年比較 増減(万人)
2014	6,578	—
2030	5,683	895
2060	3,795	2,783

データ：内閣府、労働力人口（生産年齢人口）15～65歳。

図 3-2 現在の産業別労働者不足

業種	過剰	適正	不足
全体	2.1%	48.2%	49.7%
食料品	3.1%	52.1%	44.8%
繊維	4.4%	58.6%	37.0%
紙・加工品	1.7%	59.3%	39.0%
印刷	6.2%	61.9%	31.9%
石油・化学	1.7%	52.3%	46.0%
素形材	2.1%	46.9%	51.0%
産業機械	1.5%	44.9%	53.6%
電機・情報通信	3.4%	52.0%	44.6%
自動車	2.1%	45.3%	52.6%
鉄鋼業	0.6%	47.8%	51.6%
その他製造業	2.8%	57.8%	39.4%
放送・コンテンツ	1.9%	56.9%	41.2%
情報・サービス	2.2%	40.0%	57.8%
<b>運送・倉庫</b>	<b>0.9%</b>	<b>35.1%</b>	<b>64.0%</b>
広告業	1.6%	65.6%	32.8%
その他サービス	1.1%	46.6%	52.3%
建設	2.7%	36.4%	60.9%
卸売り	4.0%	60.0%	36.0%
小売り	3.8%	55.3%	40.9%



出所：日刊 CARGO 2018.6.12 中小企業庁・取引状況調査

労働者の労働時間の短縮が求められる中で、現状のコンテナ取扱規模を維持するためには、労働者の人数を増やすか、生産性を上げるかのどちらかしかない。生産性を上げるには、ソフト、ハード面での投資が必要になる。一方、労働者数を増やす場合にも人件費の増加が避けられない。しかし、それ以上に、労働者の確保が今後ますます困難になるとと思われる。

つまり、選択肢はおのずと限られてくる。自動化による省人化という選択しかないということでは明らかである。

もう一つの選択肢として外国人労働者の導入が考えられるが、長期的にみた場合、需要が落ち込むのはターミナルも例外ではなく、将来は供給過剰となると考えられる。そのことを考えれば、むやみに労働者を増加させることは得策ではないと考える。

自動化コンテナターミナル導入についてその意義を考えるに当たり、そのメリットとデメリットを以下、簡単に纏めた。

#### 【自動化導入のメリット】

- ・安全性の確保
- ・人件費を含むコスト削減
- ・24時間連続作業が可能
- ・ヒューマンエラーの削減
- ・荷役料金の均一化（夜間割増に日曜荷役による割増の削除）

#### 【自動化導入のデメリット】

- ・初期投資の必要性
- ・稼働後の変更の柔軟性が低くなる
- ・労働組合との合意

コスト削減効果について、Kalmar<sup>2</sup>が、コンテナターミナルを自動化した場合の収益について米国・英国・オーストラリアのターミナルの調査した報告によると、従来のターミナルでは人件費が40%と高いことから、人件費の高い港湾<sup>3</sup>ほど大幅なコスト削減効果があるという結果になっている。人件費は60%減少、メンテナンス費は20%減少、燃料費は25%減少。ただし、償却費は30%増加、IT関係費も増加する。合計で27%のコスト削減効果があり、その結果純利益が125%増加するとしている（表3-3）。

---

<sup>2</sup> KALMAR（カルマー）はグローバル企業のカーゴテックグループ会社。カーゴテックは世界120ヶ国以上で事業を展開している世界トップクラスの荷役機器メーカーで、傘下にはターミナル運営システムのNavis（ネイビス）、スプレッダー装置を生産するBromma、トラックに架装する折り曲げ式クレーンやコンテナ脱着装置を生産するHiab（ヒアブ）、ハッチカバー等油圧機械大手のMacGregor（マックグレゴア）などがある。Kalmarは、カーゴテック傘下ブランドの中で最も古く100年以上の長い歴史がある。<http://www.kalmarglobal.com>

<sup>3</sup> 例えば、米国ILWU Workers（2017年）の平均給与は175,000ドル/年。最低給与は95,000ドル・年である。



表 3-3 従来型ターミナルと自動化ターミナルの収益構造の差

	従来型ターミナル	自動化ターミナル	
	コスト構造 (%)	コスト構造 (%)	自動化による効果
収 益	100	100	
人件費	40	16	60%削減
メンテナンス費	8	6.5	20%削減
動力・燃料費	4	3	25%削減
IT 関連費	2	3	50%増
償却費	10	13	30%増
その他	18	18	-
コスト合計	82	59.5	合計 27%コスト削減
純利益	18	40.5	125%利益増加

出所：高橋浩二「日本海運経済学会 2019 年全国大会」発表資料から抜粋。データは Kalmar。

## 2. コンテナターミナルへの自動化導入における課題

働き方改革、労働力人口の減少から確保の困難さが増す中で、コンテナターミナル事業を維持、継続するためには省人化、自動化を図ることが唯一の合理的な選択肢であると考えられる。しかしながら、自動化の実現のためには多くのハードルが存在する。日本でコンテナターミナルに自動化設備を導入する場合の課題の主な点を整理すると、5 点が挙げられる。

表 3-3 コンテナターミナルへの自動化導入における問題点

	自動化導入における問題点	方 法
1	ターミナル規模が小さく投資に対する回収が出来ない。	ターミナルの整理・統合。
2	既存ターミナルを使用しながらの改修の困難性。	
3	人の方が機械より作業効率がよい。	熟練労働者の減少。技術の伝承困難。作業内容の変更・より良い環境での作業。安全性の向上。
4	雇用問題。	
5	岸壁クレーンの地震への耐震性（日本独自の基準への適合性）。	技術的な問題は、コストとの関係。

### (1) ターミナル規模が小さく投資に対する回収が出来ない

日本のコンテナターミナルの特徴である縦割り構造がその根底にある。縦割り構造ゆえにそれぞれのターミナルの規模が小さい。これは現状において日本のコンテナターミナルの問題点である。縄張り意識を捨て、ターミナルの統合により規模の拡大を図ることである。

## (2) 既存ターミナルを使用しながらの改修の困難性

縦割り構造と細分化が問題である。解決策はターミナルの統合で、複数のターミナルを一体運営することで、順番に改修する方法と一挙に新しいターミナルを建設し、そこに最新の技術を導入したものを作るというやり方がある。シンガポールは、現在既存ターミナルにおいて部分的に最新の設備に改修を施しながら、一方で、全く新しいターミナルを建設、完成時にはそこに一挙に移るということを計画している。複数のターミナルを一体運営することで通常の実作業をしながらの改修が可能になる。繰り返しになるが、その意味においてもターミナルの統合が必要である。

## (3) 人の方が機械より作業効率がよい

労働者不足などから技術の伝承が難しく、熟練労働者の確保が困難となると考えられることから将来は、クレーン1台当たりの生産性(コンテナ取扱量)は自動化機械と日本の作業員の差は極めて小さいか無くなると予想される。

## (4) 雇用問題

労働者不足を考えれば雇用問題は発生しない。目先の労働者においては、配置転換によって雇用は守られる。室内で遠隔操作によってクレーンやRTGを操縦するというように労働環境は良くなる。また、安全性においても大きく向上する。長期的な視点で見れば、生産性を上げることで、企業収益が向上することで労働者の給与の改善も見込まれる。

## (5) 岸壁クレーンの地震への耐震性(日本独自の基準への適合性)

免振、耐震性など技術的な問題は開発=コストの問題であり技術的には大きな問題ではない。

表3-3において日本のターミナルにおける自動化導入の問題点とその対応策を整理した。

コンテナターミナルへの自動化設備の導入についての大きな課題は、先に挙げた①と②、つまり、ターミナルの規模が小さいことである。1ターミナルだけの運営というような状況であれば、稼働しながらの改修は難しい。これは、日本のコンテナターミナルの縦割り・細分化という構造的な問題から派生したものである。その解決策は、コンテナターミナルの整理統合しかない。規模が小さいとAIやロボットを導入しても生産性を上げることはできない、また投資の改修もできない。しかし、何もしなければ「茹でガエル」、「座して死を待つ」ことになる。

「出来ない」は「やりたくない」ということの言い訳である場合が多い。「革新を嫌うのは組織の外の人間ではなく、内部の人間。内なる敵が最大の敵」だ。完全な形ではないが、

北九州の門司港や大阪の DICT の例がある。

長期的視点から、需要の減少から将来的にはコンテナターミナルの供給過剰となった時には、淘汰は避けられない。その時に淘汰されるか、今、整理統合することで生産性を上げると同時に長期的な需給バランスを図ることを考えるかを考えなければならない。

2017年第2四半期にアイルランドのダブリン港ダブリンフェリーターミナル (DFT) が Kalmar 社の自動 RTG を導入した。DFT は、アイリッシュコンチネンタルグループのコンテナおよびターミナル部門の一部であり、ダブリン港で最も近代的なコンテナターミナルを運営している。コークやベルファストの他のアイルランドの港とロッテルダムやアントワープの大陸の港を結ぶ船にサービスを提供している。現在、このターミナルは年間取扱コンテナ量は、約 325 000 TEU であり、決して大きな規模のコンテナターミナルではないが、5~7年で採算がとれると見込んでいる。ダブリン港の自動化ターミナルの導入例は、コンテナ取扱量 30 万 TEU 規模のターミナルでも自動化の導入が可能なことを表していると言えるかもしれない。

図 3-3 ダブリン港 DFT



出所：<https://port.today/dublin-get-kalmar-autortg-cranes/>

## 第4章 運輸・物流分野における技術革新と自動化の動向

### 1. 物流センターにおける技術革新・自動化の現状

EC（電子商取引）の急拡大による物量の増加と一方で作業員の確保が難しくなっている状況を背景に物流センターの効率化と生産性を上げることに取り組んでいる。

物流業界の人手不足は深刻であり、また労働安全衛生の視点からも機械化・自動化は必然の流れであり喫緊の課題である。今後も拡大が見込まれる通販業界を中心に物流センターにおける効率化と生産性向上に取り組んでいる。こうした機械化・自動化は省人化による生産性向上と作業効率のアップの両方を実現するところにポイントがある。例えば、次に取り上げたホームロジスティクスは、無人搬送ロボット「バトラー」の導入によって、人手に頼った従来の方式に比べ、出荷効率が4.2倍になった。本格稼働後は5倍になると見込んでいる。4年程度で投資額は回収できるとしている。

秒進分歩の技術革新が物流センターの機械化・自動化を支えている。物流センターの改革に特に熱心なニトリ・ホームロジスティクスとアマゾンの例を取り上げた。

#### ① ニトリの例

2016年2月、ニトリグループの物流機能を担う、株式会社ホームロジスティクスの東日本通販配送センター（通販配送センター）でロボットストレージシステム（ロボット倉庫）「オートストア」が稼働を始めた。日本国内でホームロジスティクスがはじめて導入（世界では79番目）したこのシステムは、ノルウェーのAutoStore ASが開発したもので、格子状に組まれたグリッド上面を縦横無人に走行する複数のロボットが、グリッド内に格納されたビン（専用コンテナ）を吊り上げ、ポートへ搬送する。ロボットが作業者の手元まで荷物を搬送することで、作業者はポートから動くことなく入出庫作業ができる仕組みである。

ビン（専用コンテナ）のサイズは、60×40×31（cm）のプラスチック製、30KGまで搭載可能。東日本通販配送センターのオートストアは12段になっており3万個のビンが入っている。

また、2017年10月には、西日本通販配送センターに、無人搬送ロボット「バトラー」（80台）とデバンニングアシストマシーンを導入した。ホームロジスティクスは、バトラーの国内最初のユーザー。日本での販売代理店は「GROUND」、デバンニングアシストマシーンは村田機械との共同開発によるもの。現在デバンニングアシストマシーンは半自動であるが数年内に全自動化の予定である。デバンニングアシストマシーンは、パレットライジングロボットや自動倉庫など自動化機器と連結可能である。

図4-1 ホームロジスティクス「オートストア」のビン（専用コンテナ）



出所：ホームロジスティクス HP [https://www.homelogi.co.jp/news/cat/post\\_10.html](https://www.homelogi.co.jp/news/cat/post_10.html)

図4-2 稼働中のパトラー



出所：2017年12月4日 ニトリ、ホームロジスティクス Press Release から引用



図4-3 作業中のデバンニングマシーン



出所：2017年12月4日 ニトリ、ホームロジスティクス Press Release から引用

## ② アマゾンの例

2016年12月、アマゾンは国内13番目の「アマゾン川崎FC（フルフィルメントセンター）」に「Amazon Robotics」を導入、2018年9月に稼働の「アマゾン茨木FC（フルフィルメントセンター）」に国内2拠点目となる「Amazon Robotics」を導入した。

「Amazon Robotics」は、商品在庫の管理・運搬をつかさどるロボティクスシステム。「ドライブ」と呼ばれるオレンジ色の運搬ロボと、ドライブがすっぽり入るスペースを持った商品棚で構成される。「Amazon Robotics」が活用されている作業は、「棚入れ」と「棚出し」の2工程。棚入れではスタッフの前に自動的に棚が運ばれてきて、保管する商品のサイズや重さに適した収納箇所がスタッフの目の前に設置されたディスプレイ上に青く表示される。スタッフが入荷した商品の情報を登録して、表示された箇所に商品を詰め終わると、棚は自動的に保管場所に戻っていく。

「Amazon Robotics」が導入されている物流拠点は現在、米国に16、英国に2、ポーランドに1の計19あり、川崎FCは20番目に当たる。

「Amazon Robotics」では、商品を保管している四角い棚を「ドライブ」という自走式ロボットによって動かす。「ドライブ」は「Amazon Robotics」エリアの床に埋め込まれたバーコードを読み取ることで、位置を把握しながらエリア内を行き交う。「ドライブ」の最大積載量は340キロ、移動速度は秒速1.7メートル。

図 4-4 アマゾンの導入した「Amazon Robotics」



出所：日経トレンディ <https://business.nikkeibp.co.jp/atcl/report/16/030800018/121600235/>

## 2. 運輸分野における技術革新・自動化の動向

### (1) 陸運（トラック）

陸上貨物輸送の分野でも自動化技術が急速に進み、実用化も迫っている。長距離輸送トラックでは、2018年1月、日野自動車などトラックメーカー4社と豊田通商は23日、自動運転技術を活用し、トラック3台が隊列走行する実証実験を静岡県内の新東名高速道路で開始。運転手が乗るトラックに続いて無人運転車が走る技術の確立を目指す。高速道路の自動運転を2022年には商業化の見込みである。また、ラストマイルの分野でも様々な取り組みがなされている。

トヨタ自動車は、自動運転技術を活用し、移動型の店舗になったり、モノを運んだり、多目的で使える電気自動車(EV)のコンセプトモデル「e-Palette Concept」を、「CES 2018」(1月9～12日、米ラスベガス)に出展している。米Amazon.comやマツダなどと共同開発し、2020年代前半に実証実験を行う予定。

ZMPは2017年7月13日、宅配ロボット「CarriRo Delivery」(キャリロデリバリー)を発表した。CarriRo Deliveryは、最大時速6キロで自動走行する車型ロボットであり、

そのコンセプトは、「歩道を走れる宅配ロボット」。歩道を自走し、飲食物を届けたり、クリーニングの集配・配達をしたり、プレゼントを贈ったり、といった利用方法を想定している。

また、ZMP<sup>4</sup>は、日の丸交通と共同で都内、公道で走行実験を行った（2018.8.27）。今回の実験は、完全自動走行を第5段階とする第2段階の実験であるが、2020年には第4段階の実用化を目指す。その他、全国で自動運転サービスの実験が行われている。

図4-5 トラック3台の高速道路の隊列走行実験



出所：SankeiBiz <https://www.sankeibiz.jp/business/news/180320/bsa1803200500002-n1.htm>

表4-1 全国で広がる自動運転サービスの実験

主な実施主体	実験概要
日の丸交通・ZMP	東京都千代田区などで自動運転タクシーが公道を営業走行
神奈川中央交通・SBドライブ	東京都多摩市の多摩ニュータウンで11月に自動運転バス運行
京阪バス・大津市	大津市内で19年に自動運転バス運行
日本中央バス・群馬大	前橋市内で11月から自動運転バスの営業運航
日産自動車・DeNA	横浜市内で自動運転車を使った交通サービス

出所：日本経済新聞（2018.8.27）

<sup>4</sup> ZMPは、自覚運転技術の開発を行う。本社、東京都。



米 Google の系列自動運転企業 Waymo 出身のエンジニアが立ち上げた新興企業 Nuro は 1 月 30 日（現地時間）、近距離での荷物輸送に特化した自動運転車を発表した。米大手スーパーチェーンの Kroger は 8 月 16 日（現地時間）、米自動運転関連新興企業 Nuro との提携で、自動運転車による食料品配達のパイロットをアリゾナ州スコッツデールで開始すると発表した。

## （2）航空輸送（ドローン）

ドローンは、建築現場での測量、写真撮影、医療など様々な分野で既に利用が始まっている。ドローンは物流分野でもその利用が期待されている。日本国内では、来春にもドローンによる荷物配達を実現すべく、目視できない範囲での飛行や第三者・私有地上空の飛行に関する規制の改訂が進められている。一部、過疎地域への物資の輸送や離島へ医薬品を届けるなどの実際の活用でもある。

アマゾンでは、ドローン宅配サービス、Amazon プライム・エアの試験運用をアメリカ、イギリス、オーストラリア、イスラエルの各国で既に始めている。実際の運用も間近だ。

楽天もゴルフ場でのドローン配送などドローンを使った様々な試みをしている。

図 4-6 アマゾンのドローンによる配送



出所：Amazon Prime Air

[s://www.amazon.com/Amazon-PrimeAir/b?ie=UTF8&node=8037720011](https://www.amazon.com/Amazon-PrimeAir/b?ie=UTF8&node=8037720011)

図4-7 楽天のドローン



出所：Rakuten Drone <https://drone.rakuten.co.jp/>

### (3) 海運

#### ① 船舶

国土交通省は、自律運航船の実用化に向けたロードマップを作成、積極的に技術開発や実証実験を支援してゆく体制を整え、2025年の実用化を目標としている<sup>5</sup>。国土交通省は、2025年の自律運航船の実用化に向けて、2018年より予算を確保し、技術実証の実施を始めた。①自動操船機能（1千万円）、②遠隔操船機能（3千5百万円）、③自動離着岸機能（3千万円）などの実証実験に補助金を出すことを決めている。他にも、総合政策局技術政策課の「交通運輸技術開発制推進制度」によって、「人工知能をコア技術とする内航船の操船支援システム開発」が神戸大学、(株)MTI、(株)日本海洋科学に補助が出ることになった。

民間では、2017年8月に、国土交通省の支援の下、(一財)日本船舶技術研究協会を事務局にして「自律型海上輸送システム研究委員会」が立ち上がった。技術面、制度・インフラ面。事業の3つのグループに分かれて研究が進められている。この委員会には、造船、海運、船用機器メーカー、研究者など多くの分野から成り立っている。その後、ビジネスモデル検討部会には、日本財団も支援に加わり、自律運航船の研究も活発化している。

<sup>5</sup> 国土交通省は自律運航船の実現ロードマップを3段階（Phase1-3）に分け、2025年にPhase2の実現を目指している（国土交通省では「自動運航船」と呼んでいる）。Phase2の自律運航船は、「船上機器がシステムとして統合・相互に通信しながら一体的に機能し、高度な解析技術やAI技術によって、船員が取るべき行動の具体的な提案を行い、また、判断に必要な情報を視聴覚的に提示する船舶や、陸上からの船上機器の直接的な操作も可能となる船舶を想定（依然として最終意思決定は船員）」としている、（国土交通省「交通政策審議会海事分科会海事イノベーション部会」報告書）

自律運航船については欧州が先行している。欧州では、既に自律船における複数の実証プロジェクトが進行中であり、各企業は、それぞれが持つ技術等に応じて1から複数のプロジェクトに参画し、一部を担当し、互いに協力関係を保ちながら進められている。中心企業はロールスロイス社、コングスベルグ社等のシステムメーカーで、これに荷主や内航海運企業、船級協会、政府等が協力するといったスキームが多い。

近年発表されたコンセプト（AAWA プロジェクト、MUNIN プロジェクト）では長期航海の外航船の無人化が打ち出されたが、現在進行中のプロジェクトは非国際船（沿岸貨物船、フェリー、専用船（海洋開発）、タグボート等）の自動化が中心となっている。

このように見えてくると船舶の自動化においては、日本が大きく出遅れているように見えるが、かならずしもそうではない。欧州における自律運航船への取り組みのベースにあるのは環境問題への取り組みである。ヤラの無人コンテナ船への取り組みも、根本は完全電気推進のコンテナ船の開発から無人化へというプロセスである。環境問題への対応というニーズが高いということが背景にある。

日本においても、実はかなり以前から研究は進められていた。例えば、2006年には、宇部興産海運、東京海洋大学、海上技術安全研究所、三井造船昭島研究所などにより「新栄丸」を使用して入港から着桟までの操船を最短時間となるような実験。また、2007年には、三井造船、英雄海運、海上技術安全研究所などによる自動離着桟の実証実験を実施している<sup>6</sup>。

三井 E&S<sup>7</sup>は、2018年には簡易自律操船システムを東京海洋大学の「汐路丸」に搭載し、自律航行アルゴリズムの検証を実施。2019年には自律操船システムを国内大型フェリーに搭載し、自律操船システムの動作確認・調整を実施。2020年に国内大型フェリーを用いて自動離着桟、自動避航、遠隔監視の実証実験を行う。同社は、すでに自律操船システムのベースとなる装置は開発済である<sup>8</sup>。1985年以降自衛艦、海洋調査船、巡視船などに搭載され活躍している。

日本の自律運航船への取り組みが遅れているように見えるのは、これまで各産業でそれぞれ個別に取り組んできたこと、およびそれを大きく前面に出さず、マスコミも大きく取り上げなかったことにある。ここにきて、造船や船用機器メーカーにユーザーである海運会社が連携し開発に取り組むようになったことが大きい。ただし、こうしたプロジェクトを統括する、インテグレーターの役割を果たす事業者がないことが大きな課題であると言える。

国土交通省は、2018年から自動操船などの実証実験に取り組んでおり、2025年に自動運航船の実用化したいとの意向である。欧州では、フィンランドの企業団体（One Sea）が有人の遠隔操船を実現し、2025年に自動化レベル引き上げるとしている。また、国際海事

---

<sup>6</sup> 内航白油タンカー「茂丸」をアンカーの投入、タグボートの支援等を一切用いずに自動着離桟可能な操船制御装置を装備。

<sup>7</sup> 旧三井造船、2018年4月社名変更。

<sup>8</sup> 三井 E&S の自律化船に繋がる技術には、操船システム MMS (Mitsui Ship Maneuver Control System) やモニタリングシステム Fleet Transfer、Fleet Monitor がある。

機関（IMO）も 2020 年めどに国際基準を策定予定である。しかし、予定通りに進んでいないのも事実である。

表 4-2 欧州を中心に進行している自律船に関わるプロジェクト

プロジェクト	主体	概要
Yara Birkeland	Kongsberg	Kongsberg が、ノルウェーの化学肥料メーカーの Yara International と共同で世界初の電動無人コンテナ船（120TEU）「YARA Birkeland」を開発・建造し、2019 年に就航させる計画。当面は有人で運航し、遠隔操船を経て 2020 年に無人運航を実現させるとしている。
SIMAROS	Kongsberg	海洋石油・天然ガス開発に用いられる OSV（Offshore Support Vessel）に関して、世界初の無人自動運航 OSV「Hrönn」の実現を目指す。英国の Automated Ships とノルウェーの Kongsberg と共同で 2016 年に立ち上げ、フランスの Bourbon も参加。2018 年の就航を目指すとされているが、現在、プロトタイプ建造のための資金集めの途中とのことであり、具体的スケジュールは未定。
One Sea	Rolls Royce	2016 年に開始されたフィンランドのプロジェクト。バルト海における 2025 年までの自律運航による海上物流エコシステム（商業運航）の実現を目標。フィンランド沿岸に試験海域が設けられ、実証試験が 2018 年春に開始予定。
SVITZER（リモート操縦タグボート）	Rolls Royce	マースクライン傘下のタグボート運航会社 SVITZER 社との共同によるリモート操縦タグボートの建造プロジェクト。2017 年 6 月、コペンハーゲンにてデモンストレーション実施。
NTNU「Autonomous Shuttle Ferry」	その他	Kongsberg 等との共同でセンサーフュージョンや衝突回避アルゴリズムの開発・模型実験などを実施しているが（AUTO SEA プロジェクト）、独自の実用化プロジェクトとして、市内交通用の全電化無人小型フェリーボート（Autonomous Shuttle Ferry）の研究を行っている。

Høglund Marine Automation 他「ROMAS」		2017-19 の3年間プロジェクト。DNV-GL を中心に、ノルウェーの船舶の状態監視システム等のハード/ソフトメーカーである Høglund Marine Automation およびノルウェーの内航フェリー会社である Fjord1 の3社による共同事業。プロジェクト資金は、総額 950 万ノルウェークローネ（約1億円）。
ROBOAT	Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions(AMS)	AMS が、米 MIT、デルフト工科大学等との共同により、都市圏内の人流・物流手段として自律船の実用化を目指す調査研究プロジェクト。2016.9 にプロジェクト発表。アムステルダム市内交通のみならず、世界中の都市への展開を期待。研究期間は5年間で予算規模は 2500 万ユーロ。 <a href="https://www.ams-institute.org/roboat/">https://www.ams-institute.org/roboat/</a>

出所：一般財団法人日本船舶技術研究協会「自律型海上輸送システムの将来像及び期待されるビジネスモデルに関する調査研究」（2017年度成果報告書）

図4-8 Yara International の電動無人コンテナ船（120TEU）「YARA Birkeland」



出所：AFP <http://www.afpbb.com/articles/-/3127929>



日本の船会社の自動運航船への取組みも活発になっている。日本郵船(MTI)は、ONESEA(船舶関連の産業強化を目的とする企業団体)に加入を発表。ONESEAのフィンランドでは、国営のフェリー会社が2018年12月100人を乗せた無人フェリーの運航に成功している。また、三菱造船と遠隔操船への取組みも始めている。商船三井は、2018年ロールスロイスの障害物認識システムの実証実験を瀬戸内海のフェリーで実施。コングスベルグとの提携も視野に入れた動きをしている。また、国内では、三井E&Sと組み自動離着岸実験を繰り返している。三井物産は、シンガポール・テクノロジーズ・エンジニアリング(シンガポールの防衛・航空機器メーカー)や英国認証機関のロイドレジスターと自動運航システムの実証実験を、子会社のOMC SHIPPINGの自動車運搬船で始めた。

大島造船は、2019年6月、自動操船システムを搭載した国内最大級の電池駆動船「e-Oshima」(340トン)を竣工させた。船舶の省人化と安全性向上に向け、実証航行を行う。全長35メートルで乗客は最大50人。普通乗用車8台も積載できる。バッテリー容量は約600キロワット時で、一般的な電気自動車(EV)の十数台分に相当する。内燃機関は使用せず、必要な動力は全て電池でまかなう。

大島造船所と対岸の同市西海町太田和間の約3キロを航行する。自動操船システムは、三菱重工のグループ会社、MHIマリンエンジニアリングと共同開発する。今後、実証運航を通じ、事前に設定した航路の保持、衝突・座礁事故などの防止、自動離着岸など機能の確立を目指すとしている。

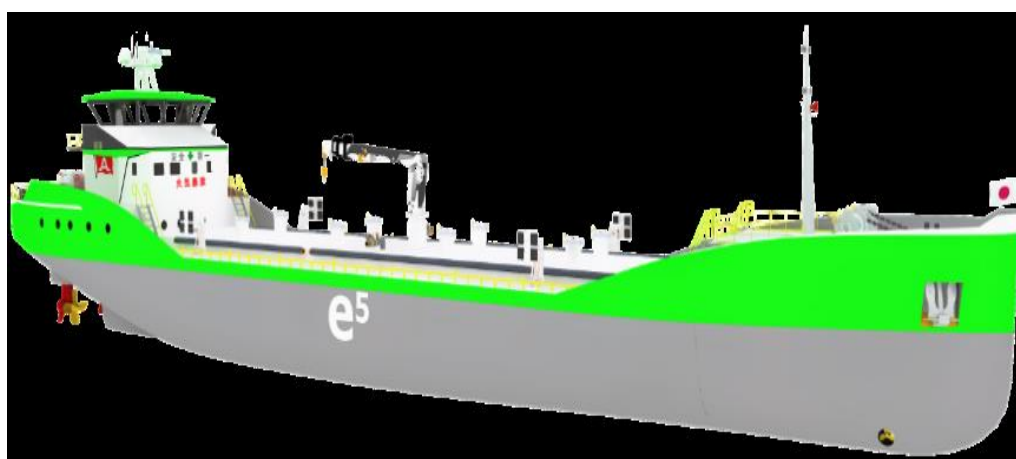
図4-9 試験航行する「e-Oshima」



出所：大島造船 HP

旭タンカーとエクセノヤマミズは2019年1月17日、次世代内航船ゼロエミッション電気推進タンカー「e5」の建造を発表。主要目は、全長60.00メートル、全幅10.30メートル、推進機2x350kWアジマススラスト、1x130kWバウスラスト、総トン数499トン、積載容量約1,300m<sup>3</sup>、船籍日本国、コンセプト設計担当Groot Ship Design（船体）、川崎重工業株式会社（給配電・推進システム）というものである。

図4-10 旭タンカーの電気推進タンカー「e5」完成予想図



出所：旭タンカー提供

## ② 係船装置

海外の一部の港湾では、自動係船装置が既に導入され、船舶の離着岸に係る人員の少数化、安全性の向上が進められている。自動係船装置の開発は、CAVOTEC（スイス）、TTS（スウェーデン）など欧州が先行している。欧州域内の近海航路の小型船から、現在では既にドバイなどで大型コンテナ船の自動係船装置も実際の運用されている。現在、開発されているものでは、1岸壁に1～3基設置するとして価格の推計値は、3,000万円～7,000万円。

自動係船装置は、主として吸着型と連結型の2つに分類される（図4-11）。吸着型は、磁石や真空パッドを利用する。連結型は、岸壁側からリングプレートを出し船がわのポラードに連結するというものである。

自動係船装置の導入のメリットは、労働力不足の対応策としての少人数化、安全性の向上、さらに緊急時の速やかな離岸が挙げられる。近年、自然災害が頻発しており、地震や津波発生時の船舶の緊急を要する離岸には効力を発揮するとして、自動係船装置に期待する声は大きい。

一方デメリットは、高額な設備投資や設備の維持管理費用が必要なことが挙げられる。

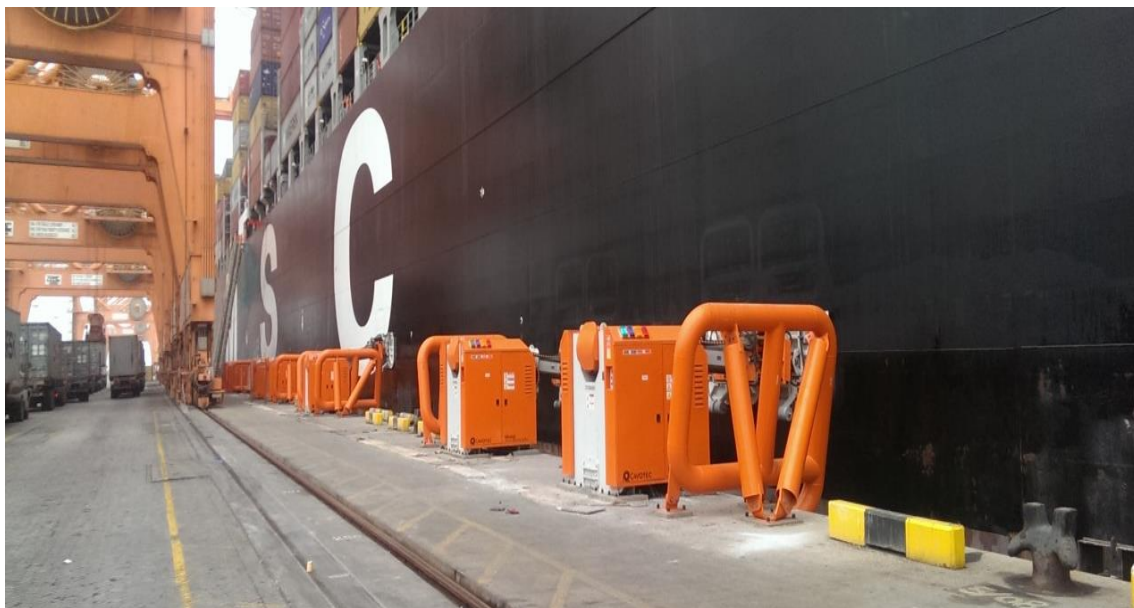
図4-11 自動係船装置の種類

吸着型	開発元	CAVOTEC, スイス	mampae, オランダ	TTS, スウェーデン
	製品名	MoorMaster	DOCKLOCK	vacuum- and grip-based auto-mooring
	設備の概要	真空式パッドによる吸着	半永久4重極磁石による吸着	真空式パッドによる吸着
参考図				
連結型	開発元	TTS, スウェーデン	TTS, スウェーデン	MACGREGOR, フィンランド
	製品名	semi automatic bollard	Grip-based auto-mooring	automooring system
	設備の概要	可傾式のポラードに船側の係留索を連結	岸壁側からリングプレートを出し、船側のポラードに連結	岸壁側からリングプレートを出し、船側のポラードに連結
参考図				

出所：近畿地方整備局資料から

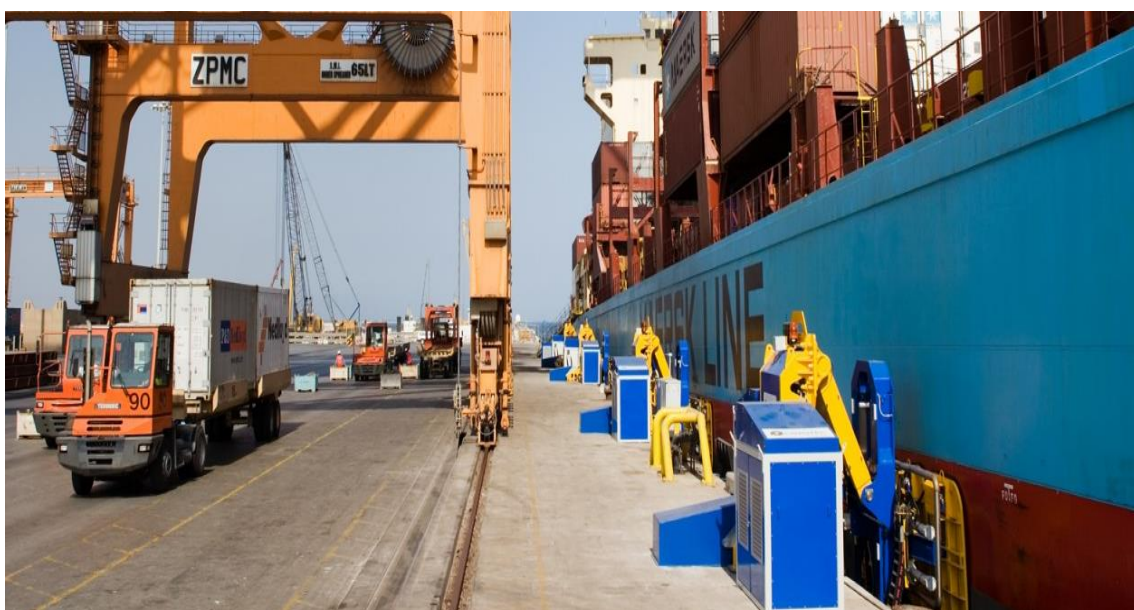


図 4 - 12 コンテナ船の自動係船の例



出所：各社 HP 等

図 4 - 13 コンテナ船の自動係船の例



出所：各社 HP 等

図 4-14 自動係船装置の装備されたコンテナターミナル



出所：各社 HP 等

わが国における自動係船装置の導入例がある。関門航路事務所属の大型浚渫兼油回収船「海翔丸」である。平成 16 年 4 月から「操船～接岸～陸上排送～離岸」をコンピュータ制御で自動化する、世界初の「自動係船・自動陸上排送システム」の運用を始めている。国土交通省は、同システムの導入により 24 時間稼働の作業船のため、特に厳寒期の夜間作業等の過酷労働が解消されたこと及び、浚渫土砂を埋め立て地に排出する際の配管の離岸作業の省力化などによる経済効果を 11.6 億円の縮減が可能としている。

図 4-15 「海翔丸」と自動係船装置



出所：九州地方整備局 HP

<https://www.pa.qsr.mlit.go.jp/kanmon/3syozokusenpaku/index1-2.html>

## 第5章 まとめ

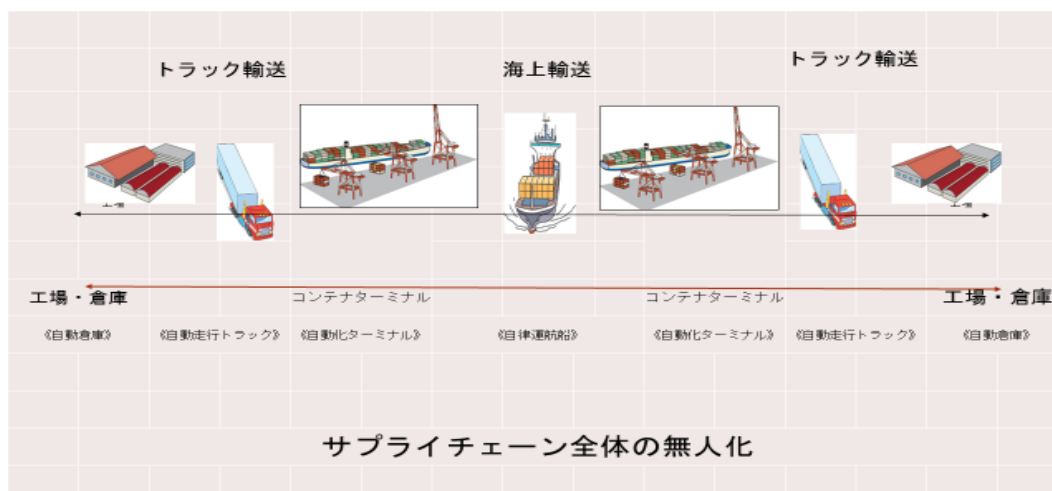
中国では、E コマース（電子商取引）が急拡大してオリ、采鳥網路（アリババ）と京東集團（テンセント）がしのぎを削っている。京東は、自前の物流網を構築しており、2017年10月には、入荷、保管、ピッキング、仕分け、梱包、積み込みに至るすべての物流センター内の作業を完全自動化の無人物流センターを発表した。

日本でも2017年9月、山間部など一部の地域でドローンによる配送も行っている。このように、すでに物流センターの自動化、無人化は実用段階にある。こうした動きは、日本では、物流センターと地域の配送に限定されているが、サプライチェーンのグローバル化を考えれば当然ながら、遅からず、海運や港湾との連携も視野に入ってくるのは当然である。

中国でも人件費が上昇しているが、それでもまだ欧米や日本よりは安い。にもかかわらず自動化を急ぐのは、人件費削減だけが目的ではないからだ。物流の機械化、自動化によるビッグデータの入手が重要と考えているからである。物流から得られるビッグデータが、物流の効率化だけでなく、需要予測、生産・調達計画、プロモーション、製品企画などに反映することが可能であるからである。その結果サプライチェーン全体の変革に寄与することになる。

国際物流を含むサプライチェーンにおいて、「空コンテナピックアップ・空コンテナ輸送（トラック）・バンニング・（港までの）コンテナ輸送（トラック）・コンテナターミナル（搬入・蔵置・本船積み込み）・海上輸送・コンテナターミナル（本船からの揚げ・蔵置・搬出）・物流センターへの輸送（トラック）・物流センター内作業・国内配送（トラック）」という・サプライチェーン全体の機械化・自動化が実現される日はそれほど遠い未来ではない。

図5-1 将来の貨物輸送のイメージ



著者作成

サプライチェーン全体（Door to Door）の物流における機械化・自動化、その結果としての無人化は必然の流れであるということが出来る。サプライチェーンを構成する要素の一つであるコンテナターミナルの機械化・自動化は避けて通ることが出来ない。先の例にあげた京東のようにサプライチェーンの機械化・自動化は単なる人件費削減ではなく、企業戦略そのものにとって重要であることから、荷主企業からの要請も強まると予想される。

コンテナターミナルにおいても自動化は既に、世界の大きな潮流として動き出している。またコンテナターミナルだけでなく、サプライチェーン全体の流れとしても自動化に動き出しており、もはやその流れに逆らうことは孤立を招き、そして日本のコンテナターミナルへの寄港取りやめといった事態に至り、コンテナターミナルのますますの衰退とその結果として日本の荷主の不利益を招くことになる懸念される。

こうした状況下、コンテナターミナルの自動化は是か非かではなく、自動化を含めたコンテナターミナルのイノベーションが求められているのであり、イノベーションを如何に進めてゆくかが重要である。

サプライチェーンの機械化・自動化とデジタル化は表裏一体をなすものである。コンテナターミナルにとってはデジタル化も大きな課題である。

現代は、IT 技術を使った革新（イノベーション）の時代であり、それによってデジタル化、省人化があらゆる業界で進展している。コンテナターミナルは、サプライチェーンの構成要素の一つである以上、その流れに逆らうことはできない。サプライチェーンが地球規模になっている現在は、日本のターミナルだけが世界の動向に逆らうことはできない。

ターミナルの自動化は、荷役の作業能率の向上、安全性や安定性と省人化をバランス化させることでターミナル作業を安全にかつ効率的に行うための手段であり、単に省人化によるコスト削減だけが目的ではない。

日本のターミナルは自動化において諸外国に後れを取っている。その背景には、①ターミナルの規模が小さく、投資効果が期待できない。②人力の作業効率が自動化より良い。③既存のコンテナターミナルを稼働させながらの自動化への改修が困難である。などが挙げられる。しかしながら、将来の労働力から不足を考えれば日本のコンテナターミナルも自動化に取り組まなければならない。ターミナルにおける革新は自動化だけではない、AI 等新しい技術の導入が必要である。AI を使ってターミナル全体の効率化を図る。さもなければ、日本のコンテナターミナルはガラパゴス化の危険性がある。それは、日本のターミナルがグローバルサプライチェーンから排除されることを意味する。

人口減少時代に一国の経済規模を維持するには、労働生産性を上げるしかない。それはコンテナターミナルにおいても例外ではない。労働生産性を上げるには、少ない労働力でこれまで以上の生産を実現するしかない。労働生産性を上げる最大の要因は、新規設備投資である。新技術の導入、言い換えれば「イノベーション」である。技術は急速に進んでおり、日本のコンテナターミナルも今こそ「イノベーション」に取り組むべき時である。

国土交通省の中期政策「PORT2030」において国は、ターミナルの自動化・機械化をバックアップする姿勢を表明している。労使が共に自動化・機械化を含めた世界に誇れるターミナルの構築に向けて一歩を踏み出すことを求めたい。日本のターミナルが将来も輝き続けるために、労使が共に腰を上げることを望む。

今ならまだ間に合う。しかし、3年後では、多分手遅れである！

## 主な参考文献

- ・日本海運集会所「KAIUN」2018年6月号
- ・大阪港振興協会・大阪港埠頭株式会社「世界のコンテナ港とターミナルオペレーターの現状」(2018年度版)
- ・日本船舶技術研究協会「自律型海上輸送システムの事業コンセプト検討」(自律型海上輸送システムの将来像及び期待されるビジネスモデルに関する調査研究)(2017年度世界報告書)
- ・国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成24年1月推計)」
- ・熊野英生「なぜ日本の会社は生産性が低いのか?」文春新書(2019)
- ・デービッド・アトキンソン「新・生産性立国論」東洋経済新報社(2018)
- ・宮川努「生産性とは何か」ちくま新書(2018)
- ・プレジデント経営企画研究会編「Why Digital Matters?(なぜデジタルなのか?)」プレジデント社(2019)
- ・三井E&S、ZPMC等各社資料
- ・海事プレス社「日刊CARGO」
- ・日経MJ
- ・日本海運経済学会2019年全国大会発表資料