

# 港湾における無人運転機械

---

令和8年1月14日

一般社団法人港湾荷役システム協会

専務理事 白石哲也

(クレーン運転士)

# 目 次

- 無人運転機械の開発・普及状況
- 無人運転機械が使用され、又は想定されている作業
- 無人運転機械の制御方式や技術水準
- 無人運転機械に関する国際規格・国内規格、各国の規制等の状況や動向
- 対象機械の設計の前提となるリスクアセスメント実施前の仕様制限、条件

# 労働安全衛生法第61条

(就業制限)



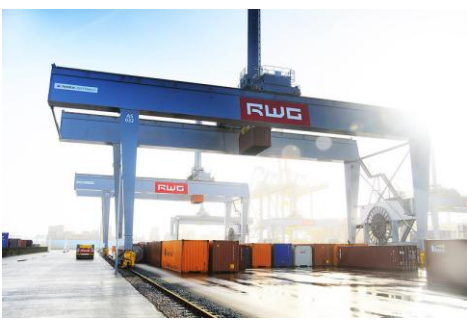


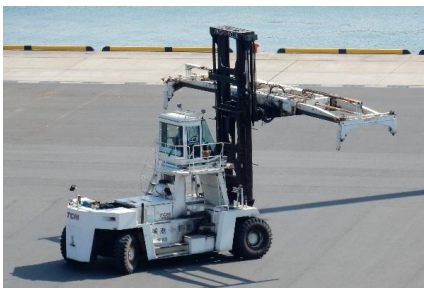


第六十一条 事業者は、クレーンの運転その他の業務で、政令で定めるものについては、都道府県労働局長の当該業務に係る免許を受けた者又は都道府県労働局長の登録を受けた者が行う当該業務に係る技能講習を修了した者その他厚生労働省令で定める資格を有する者でなければ、当該業務に就かせてはならない。

2 前項の規定により当該業務につくことができる者以外の者は、当該業務を行なつてはならない。

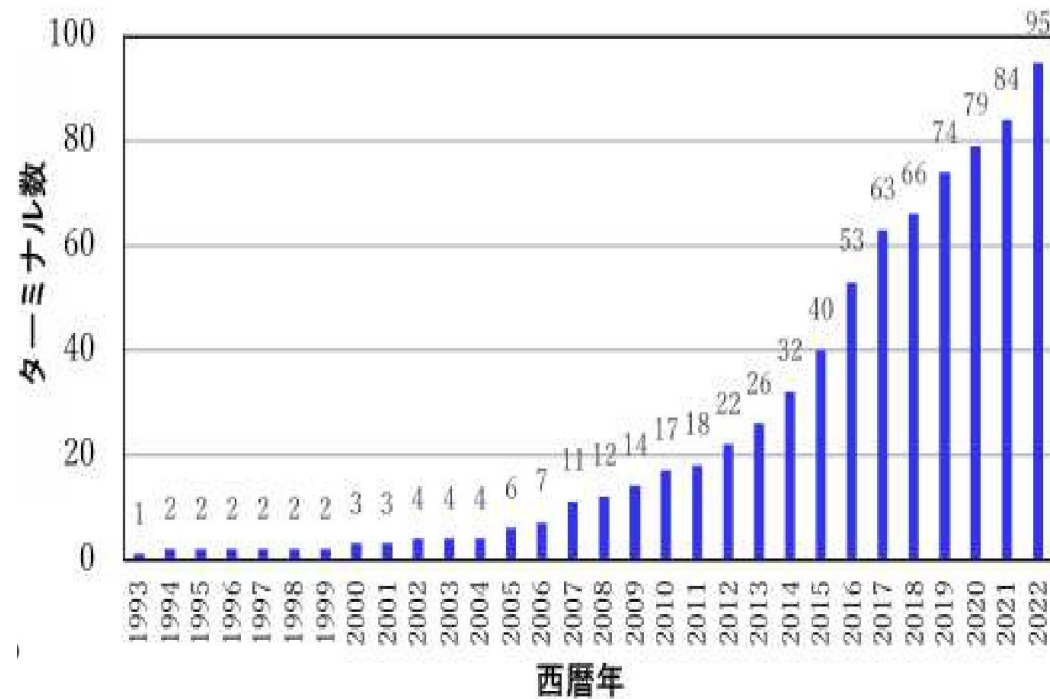
3 第一項の規定により当該業務につくことができる者は、当該業務に従事するときは、これに係る免許証その他その資格を証する書面を携帯していなければならない。

4 職業能力開発促進法（昭和四十四年法律第六十四号）第二十四条第一項（同法第二十七条の二第二項において準用する場合を含む。）の認定に係る職業訓練を受ける労働者について必要がある場合においては、その必要の限度で、前三項の規定について、厚生労働省令で別段の定めをすることができる。

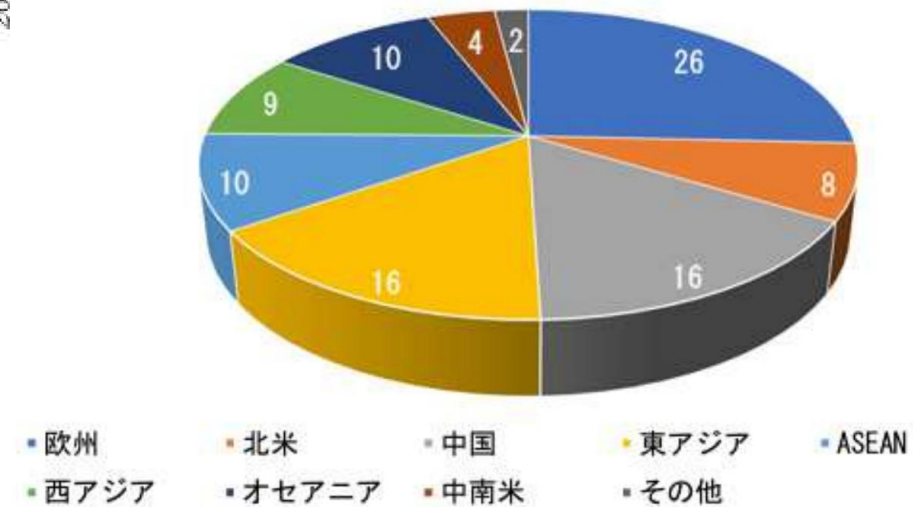
無人運転機械の開発・普及状況  
無人運転機械が使用され、又は想定されている作業  
無人運転機械の制御方式や技術水準

STSクレーン	RTG	RMG	ストラドルキャリア
			
AGV	トップリフター	リーチスタッカー	構内シャーシ
			

## 自動化コンテナターミナル数の推移



## 地域別の自動化コンテナターミナル数





- 世界の自動化CTにおいて、現状の世界最大級(24,000TEU級)のコンテナ船の列数(24列)を上回るアウトリーチ(26~27列対応)を有する遠隔操作・自動化GCの導入が進んでいる。

## ■自動化CTのガントリークレーンの事例

メーカー	トロリ	自動化状況	レールスパン	アウトリーチ	揚程高	バックリーチ	導入CT	導入(発注)年	レイアウト	備考
Liebherr	ダブル	自動 遠隔操作	30.5 m	73.0 m	54.5 m	26.0 m	Eurogate CTW	2023年	水平	
Liebherr	ダブル	自動 遠隔操作	35.0 m	61.0 m	53.0 m	24.5 m	HHLA CTA	2023年	垂直	
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	—	82.0 m	—	—	APM Terminal MedPort Tangier	2023年	水平	26列対応
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	35.0 m	73.0 m	55.0 m	—	PSA Singapore Tuas	2021年	垂直	27列対応 オンデッキ13段相当
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	35.0 m	—	56.0 m	—	Rotterdam World Gateway	2020年	垂直	26列対応
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	30.5 m	71.0 m	56.0 m	23.0 m	DP World Antwerp Gateway	2024年	垂直	26列対応
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	30.5 m	72.4 m	57.3 m	—	APM Terminals Maasvlakte II	-	垂直	
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	35.0 m	68.9 m	50.3 m	27.4 m	Long beach (TTI)	2027年	垂直	
ZPMC	シングル	自動 遠隔操作	30.5 m	—	52.0 m	—	Fenix Marine Services CT	2022年	水平	27列対応
ZPMC	ダブル	自動 遠隔操作	36.5 m	—	—	—	LBCT	2023年	垂直	27列対応
現代三湖 重工業	ダブル	自動 遠隔操作	35.0 m	71.5 m	59.0 m	—	釜山新港Dongwon Global Terminal (2-5)	2023年	垂直	30,000TEU級にも対応可能なス ペックで設計

出典：各ターミナルHP等

## ■ APM Terminals Maasvlakte II

- 2015年に供用されたロッテルダム港最先端の自動化ターミナル
- STSは、Kalmar製から順次ZPMC製に入替中。自動化システムABB、TOSはNavis
- STSは、ダブルトロリー方式であり、海側の1STトロリーは、船側コンテナの2～3mの部分のみ遠隔操作（機上運転室無し）、陸側の2ndトロリーは完全自動化
- 1stトロリーはタンデムスプレッダー、2ndトロリーはツインスプレッダーで、2ndトロリーの荷役スピードが1stトロリーの2倍あるため、タンデムオペレーションにしなくても生産性を確保
- STS当たりの生産性は、平均35本/h。タンデム利用の場合は、25moveであり、50本/h
- STSのセンサーとRCMS（Remote Control Management System）によりSTSの状態を記録。これにより、故障に対して早期探知/早期診断が可能
- メンテチームは、STSの状態をモニタリングすることでメンテナンス計画（稼働時間を基に毎月、3ヶ月、1年の頻度で定期メンテナンス）を立案しており、メンテナンス性が向上
- STSの自動化・遠隔操作を行う上で、以下の機能を導入している

①オートフライトパス：コンテナの高さや積み上げ状況の形状などのプロファイリング機能	④カメラ：遠隔操作自体は6つのカメラ。スプレッダーの位置確認などに複数のカメラが必要（合計最大25個）
②スマートランディング：コンテナやスロットに到達する直前にスプレッダーを減速し、オペレーターに制御が移り安全に着地させる機能	⑤リモートコントロールデスク：最低限2つのジョイスティックと緊急ストップボタンが必要。特殊な場合のボタンはスクリーン（タブレット）に備える。
③シャットダウン機能：STSに搭載された風速計に基づき、風速24m/sで警告、28m/sで自動シャットダウンする機能	⑥通信：ラグポイント（機器同士を複数の線につないで、さらに、その複数の線を1本の線として扱うことで通信速度を速くする技術）2つ、DAGポイント（データベース可用性グループ）2つ、ファンクショナルカットオフコネクション（緊急時に電気系統の接続を遮断する装置）を装備。カメラが多いため、光ファイバーケーブルで物理的にコネクション。Wi-Fi等は遅延のため×。機能的なラグタイムは、現在50msで、カメラ映像は、最大で200msのラグタイムが許容範囲。



## ■ Hutchisonports ECT DELTA (ECT)

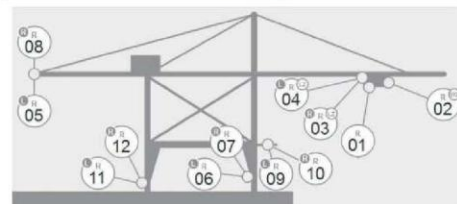
- 1985年に供用し、世界初の自動化されたターミナルとして業界をリード
- シングルトロリー式のSTS 34台のうち、シーメンス社と連携して、6台のSTSを遠隔操作に改良
- カメラは、STSに12台配置（左図）。トロリーに3つのカメラ、陸側に3つ、海側に1つ、バックリーチはカメラが重要なので2つ配置
- 遠隔操作卓では、12のカメラのうち、必要な画面だけを選択して表示することが可能。カメラは、ズーム等のコントロールが可能な高性能PTZ（パン・チルト・ズーム）カメラが5台と、その他7台の固定型を配置
- 遠隔操作卓の開発は、クレーンドライバーにもデザイン開発など最初から参画してもらいながらゲーム会社と実施し、マスターコントロール（ジョイスティック）が2つ（巻上用と横行用）と6つのボタンを配置
- 遠隔操作卓では、6つの違う角度のカメラを表示することが可能。最終的にモニターにはカメラ画像とステータスフィールドバックを表示する3つの画像を表示（右図）。その他2つのモニターには、TOS情報とOCR情報をそれぞれ表示。

### Camera configuration



Characteristics:

- Minimum number of cameras needed for efficient operations AND safety  
Depending on type of operations and type of crane
- Show images which are needed at that moment/situation
- Configure PTZ cameras based on:
  - Spreader size and hoist height
  - Type of handling e.g. hatch, gantry drive
- Attention point: stable images (damper) and consistent low latency



### HMI: monitors, touchscreen, controls



Remote control station with:

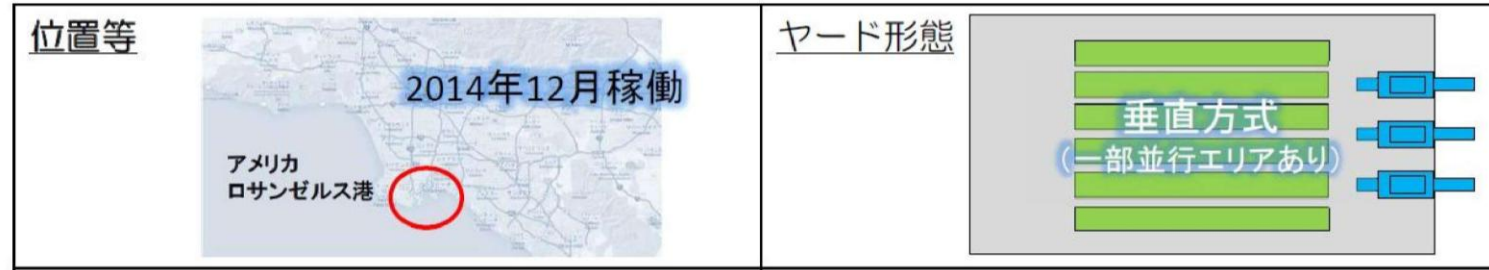
- 3x Monitor for camera images and status feedback
- 2x Monitor for TOS overview and OCR exceptions
- 1x Touchscreen with several pages for controls
- 2x Master controller (joystick) with 6x push button
- Several push buttons on the desk, incl. QC emergency stop





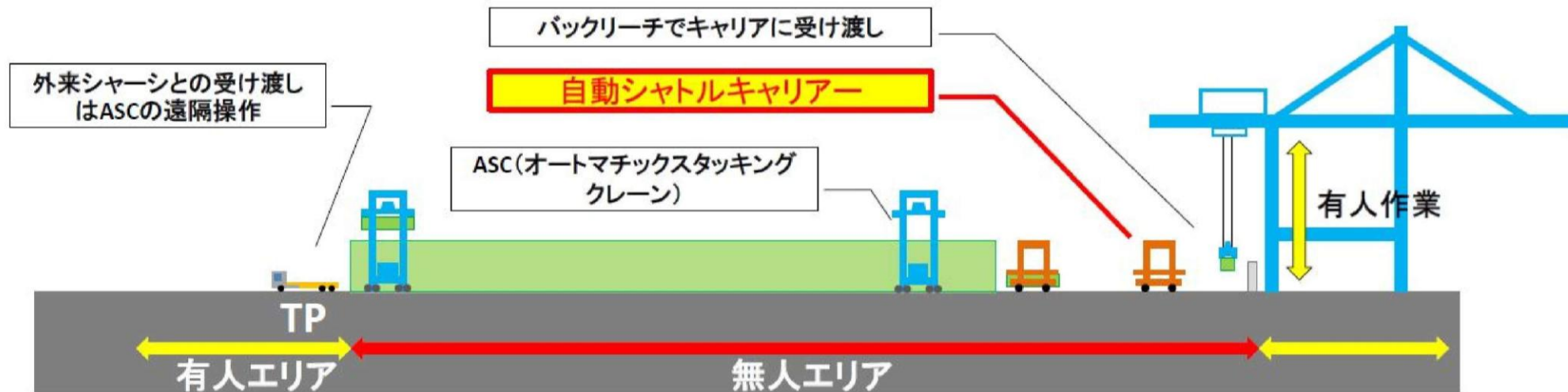


- Tra Pacコンテナターミナルにおいて、自動化、遠隔操作化が進められている。  
自動化イメージは以下の通りである。



## 特徴

- STS/ASCへのコンテナ受け渡しは自動シャトルキャリアで行われる (decoupling)
- ASCは1レーンに1~2基 (短いレーンには1基)
- 外来シャシーとの受け渡しは遠隔操作 (他の作業は自動)



- Tra Pacコンテナターミナルで導入されている自動式シャトルキャリア（Auto Shuttle）、全自動レール式トランスファークレーン（ASC）、及び鉄道荷捌き施設におけるクレーンの基本的な仕様・スペックは次の通りである。

## ■自動式シャトルキャリア（Auto Shuttle）

- 1over2のストラドルキャリア方式。  
輸入コンテナの場合、ガントリークレーンが積み卸したコンテナを1台で自動的にピックアップし、水平輸送、蔵置する機能を有する。



製造メーカー	Kalmar
使用荷重	40トン/50トン
稼働方式	Diesel-electric/ Hybrid/Fast Charge
スプレッダー	ツインスプレッダー
ホイスト	電動
スタッキング高さ	1over2







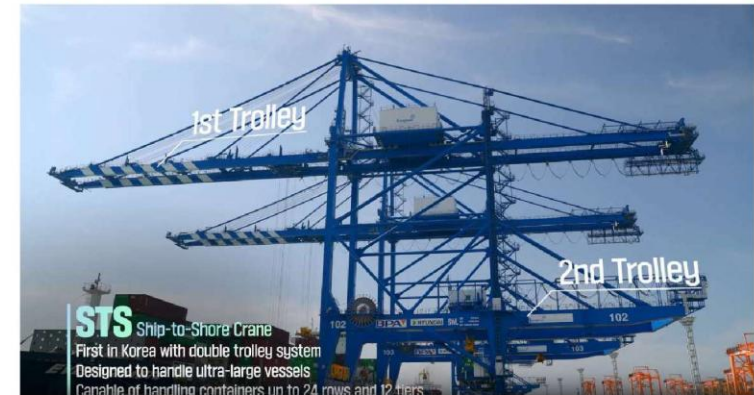
## 3. 海外CTにおける遠隔操作(自動化)ガントリークレーンの導入事例 釜山新港2-5段階(韓国)

### ■ Dongwon Global Terminal

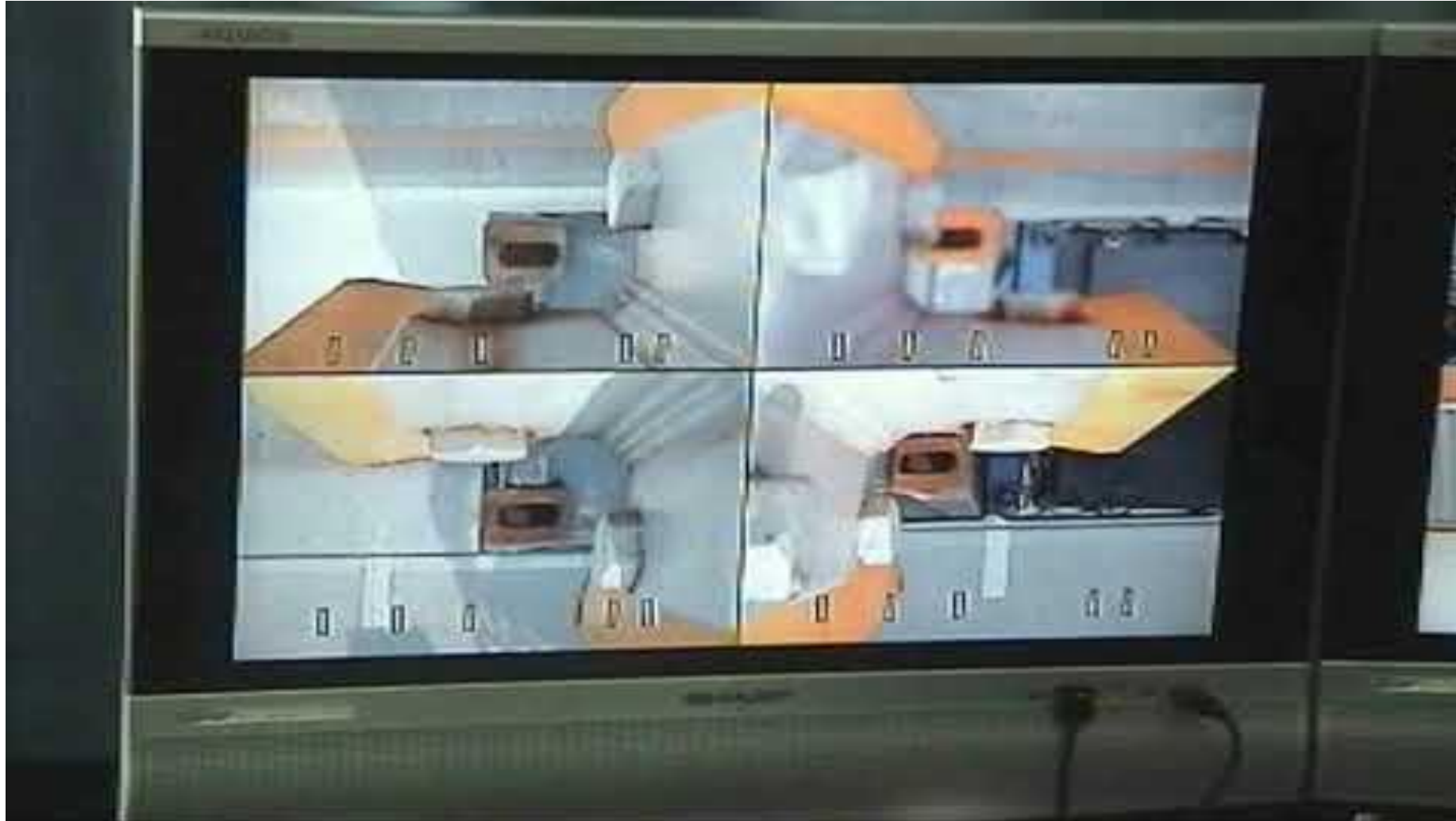
- 2024年4月に供用された韓国初の完全自動化CT
- STSは、24,000TEUの超大型船に対応可能、リフト高59m、12段24列対応の韓国初の自動化・遠隔操作化によるダブルトロリー方式
- シングルトロリー式比30%の生産性向上と荷役時間の短縮を実現
- 電力駆動による環境に配慮した荷役設備OCR技術を活用した精密なコンテナ荷役作業

STSの仕様			
総重量	2,281t	レールスパン	35m
揚程高	59m(12段)	アウトリーチ	71.5m(24+1列)
全高	93m	ブーム	82m

ダブルトロリー方式			
1st トロリー		2nd トロリー	
半自動(自動化+遠隔操作)		完全自動	
つり上げ荷重	50t	つり上げ荷重	50t
定格荷重	85t	定格荷重	65t
トロリー速度	5m/s	トロリー速度	2m/s









無人運転機械に関する国際規格・国内規格、各国の規制等の状況や動向  
対象機械の設計の前提となるリスクアセスメント実施前の仕様制限、条件



- 港湾労働力の減少や高齢化に対応し、既設コンテナターミナルへの遠隔操作RTG（Rubber Tyred Gantry）導入を進める中で、安全確保のための基本的な考え方や実施事項、運用規程の記載例などを示したものの。
- 設置者が安全な運用体制を整備する際の参考資料として活用される。
- <https://www.mlit.go.jp/common/001282885.pdf>

設置者等は、関係法令の規定や考え方に則り、遠隔操作 **RTG** の導入により新たに必要となる安全確保のため、関係者と協力して、

- (1) 安全確保に係る責任者の決定
- (2) リスクアセスメント及びその結果に基づく措置の実施
  - (ア) 危険性等の同定及びリスクの見積り
  - (イ) リスク低減方策の検討
  - (ウ) 運用規程の整備
- (3) 施設の維持管理
- (4) 教育・研修等

を行う。また、実際の運用状況を顧みて、必要に応じて運用規程の見直しを行う。

## 【港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示（抄）】

第92条 移動式荷役機械の性能規定は、荷役機械の形式に応じて、次の各号に定めるものとする。

- 一 対象船舶、貨物の種類及び量、係留施設の構造及び荷役の状況に応じて、適切に配置され、かつ、所要の諸元を有すること。
- 二 当該施設周辺の環境保全のために、必要に応じて、粉じん、騒音等の防止ができるよう適切な機能を有すること。
- 三 貨物の安全かつ円滑な荷役が行えるよう、必要に応じて、衝突防止のための適切な措置が講じられていること。

## 【技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示（抄）】

第5条 技術基準対象施設の設置者は、省令第4条第5項に規定する運用方法の明確化その他の危険防止に関する対策として、自然状況、利用状況その他の当該施設が置かれる諸条件を勘案して、次の各号に掲げる対策を行うことを標準とする。

一～三（略）

四 運用時において、移動式荷役機械を使用する施設については、当該施設における衝突防止に必要な措置及び当該措置の実施について責任を有する者の明確化

五 前各号に掲げるものの他、当該施設を安全な状態に維持するために必要な運用規程の整備又は当該施設の管理者等により整備された運用規程の確認

## 【労働安全衛生法（抄）】

第28条の2 事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉じん等による、又は作業行動その他業務に起因する危険性又は有害性等（第五十七条第一項の政令で定める物及び第五十七条の二第一項に規定する通知対象物による危険性又は有害性等を除く。）を調査し、その結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずるように努めなければならない。ただし、当該調査のうち、化学物質、化学物質を含有する製剤その他の物で労働者の危険又は健康障害を生ずるおそれのあるものに係るもの以外のものについては、製造業その他厚生労働省令で定める業種に属する事業者に限る。

2～3 （略）



## 【危険性又は有害性等の調査等に関する指針（平成18年3月10日 危険性又は有害性等の調査等に関する指針公示第1号）（抄）】

（注：機械の包括的な安全基準に関する指針（平成19年7月31日 基発第0731001号）により一部読み替え、また、適宜用語の省略を加えた。）

### 3 実施内容

事業者等は、調査及びその結果に基づく措置として、次に掲げる事項を実施するものとする。

- ① 機械に労働者が関わる作業等における危険性又は有害性（以下「危険性等」という。）の同定
- ② ①により同定された危険性等によって生じるリスクの見積り
- ③ ②の見積りに基づくリスクを低減するための優先度の設定及びリスク低減措置内容の検討
- ④ ③の優先度に対応したリスク低減措置の実施

- 手順① 遠隔操作RTGの稼働状況の網羅
- 手順② 各状況において想定される危険性等の同定
- 手順③ リスクの見積

危険性等の例及びリスクの見積りの例(抄)

【例】遠隔操作RTGの稼働状況 (表1の再掲)	【例】危険性等		【例】リスクの見積り (マトリクスを用いた方法による) (注)「重篤度」と「可能性」の組合せは、労働災害(人への危害)の観点であるが、物への危害もこの表において整理し、その場合「※」とした。			
			事象	重篤度	可能性	対策の優先度
				・致命的: 死亡災害や身体の一部に永久損傷を伴うもの ・重大: 休業災害(1ヶ月以上)、一度に多数の被害者を伴うもの ・中程度: 休業災害(1ヶ月未満)、一度に複数の被災者を伴うもの ・軽度: 普及災害やかすり傷程度のもの	・極めて高い: 日常的に長時間行われる作業に伴うもので回避困難なもの ・比較的高い: 日常的に行われる作業に伴うもので回避可能なもの ・可能性がある: 非定期的な作業に伴うもので回避可能なもの ・ほとんどない: まれにしか行われない作業に伴うもので回避可能なもの	4～5: 高 2～3: 中 1: 低
・自動運転モード	①	・(共通)モード間切替の不具合	衝突事故の発生	重大	比較的高い	4
	②	・(共通)誤作動、予定しない動き	衝突事故の発生	重大	比較的高い	4
	③	・(共通)意図しないところに人がいる	衝突事故(人身)の発生	致命的	比較的高い	5
	・スプレッダが巻き上げ/巻き下げ/横行中	④	・システムが蔵置コンテナ位置を誤認し、スプレッダが不適切なパスを移動 コンテナとの衝突、荷傷み	重大	比較的高い	4
				※	※	※
		⑤	・スプレッダによる掴み・離しの不具合 片吊りの発生、コンテナとの衝突、荷傷み	重大	比較的高い	4
				※	※	※
		⑥	・コンテナ積付け位置の精度が許容値をオーバー (そのまま荷役した場合)コンテナの崩れ	重大	比較的高い	4
				※	※	※
	・本体が走行中	⑦	・RTGが走行路から逸脱 RTG脚部が蔵置コンテナやトレーラーと衝突	致命的	比較的高い	5
				※	※	※
		⑧	・走行路の不陸・傾斜 RTGの飛びはね、転倒	重大	比較的高い	4
				※	※	※
		⑨	・同一レーン内で、自動運転中のRTGと他のRTG(モードは問わない)とが接近 RTG同士の衝突	重大	比較的高い	4
				※	※	※
		⑩	・スプレッダを上げずに走行 スプレッダー(吊りコンテナ)が蔵置コンテナと衝突	重大	比較的高い	4
				※	※	※
		⑪	・停止位置の精度が許容値をオーバー (そのまま荷役した場合)コンテナの崩れ	重大	比較的高い	4
				※	※	※
	・待機中		(非遠隔操作RTGと変化無し)			

ご静聴ありがとうございました