

# 平成27年度 名古屋港荷役施設に係る技術開発効果解析業務

調査課 課長 宇野 健司

〃 係長 淵ノ上篤史

## 1. 業務概要

名古屋港ではコンテナターミナル効率化の取り組みとして、飛島ふ頭南側コンテナターミナルにおける新型自働搬送台車(効率化AGV)、改造ガントリークレーン等の自働化技術開発ならびに鍋田ふ頭コンテナターミナルにおける電動化タイヤ式トランスファークレーン(RTG)等の効率化技術開発をそれぞれ進めている。

本業務は、上記自働化・効率化技術開発施設に関するデータ等を収集し、施設の有効性について検証するための整理及び分析を行うものである。

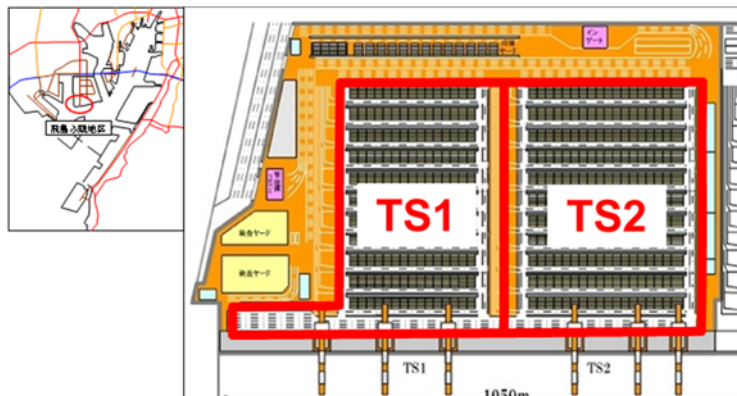
## 2. 業務内容

### (1) 自働化技術開発施設

#### 1) AGV

##### ① 検証概要

効率化AGV 2台, GC 3基, 5.6GHz 通信帯域(システム全体を含む)等の改良による単体性能の把握とともに、ターミナル全体としての荷役効率, 安全性の向上の改善効果を評価した。



図—1 評価検証施設(コンテナターミナル)図

#### ○既存AGV



#### ○効率化AGV



図—2 AGV改良概要図

表—1 効率化AGVの改良概要

項目	改良内容・効果
機能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 走行性、燃費・環境負荷の改善を図るため、車体を軽量化</li> <li>・ 荷役時間の短縮を図るため、荷台昇降を積卸時から走行中に手順を変更</li> <li>・ 燃費・環境負荷の改善を図るため、アイドリングストップ機能を付加</li> <li>・ 隣接ヤードとの相互乗り入れを図るため、通信帯域を拡張(1.2→5.6GHz)した通信機器を採用</li> </ul>
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 危険回避能力向上のため、側面障害物センサーを追加</li> </ul>
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車体及び制御盤への走行振動を抑制するためメインフレームを一体化</li> <li>・ 事故時等衝撃による致命化を抑制するため、制御盤を車体中央に配置</li> <li>・ メンテナンス時間縮減を図るため、整備性に配慮した設計</li> </ul>

## ②検証結果

### a. AGVコンテナ運搬個数

該当バースのGC3基で1時間当たり150本のコンテナ荷役を行うことを目標とし、平均配車時間の目標値を72秒としていたところ、目標値を満足できたGCは3基の内1基であったが、3基での平均値は72秒であったことから、荷役を行うバースとしては、AGVが適切に配車され、150本/時間の能力の発揮が確認できた。

### b. 燃料消費量

燃料消費量は、実運用が開始された平成24年8月以降、平成27年12月までの期間を通して効率化AGVの燃費が良いことが確認され、効率化AGVによる燃費向上率は平均で約7%であった。また、平成25～27年度における燃料は、13千～24千リットル縮減されたことが確認された。

### c. 環境負荷排出量(CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>)

環境負荷排出量は、実運用が開始された平成24年8月以降、平成27年12月までの期間を通して効率化AGVの燃費が良いことから、効率化AGVによる環境負荷削減率は、CO<sub>2</sub>では4～8%、NO<sub>x</sub>では4～9%であった。また、平成25～27年度の環境負荷は、CO<sub>2</sub>排出量は49千～58千kg/年、NO<sub>x</sub>排出量は4～10kg縮減された。

### d. 耐久性の向上、メンテナンス作業時間の縮減

効率化AGVによりメンテナンス作業時間が縮減されたことで創出される時間を荷役時間とした際の取扱個数の増加は平成25～27年度で1,036～330本/年となる。

### e. 大型船対応としてTS1, TS2の連携確認

TS1, TS2の相互乗り入れによる連携稼働において既存型AGV及び効率化AGVが支障なく走行できるとともに連携稼働ができることが確認でき、走行の健全性が確認された。また、平成24年6月～平成25年1月の8ヶ月間に実施したバース間シフトの実数並びに場内トレーラーおよびAGVの荷役能力に基づき試算すると、TS1, TS2におけるAGVの相互乗り入れが導入できたことにより荷役時間が9.1時間/月短縮できることが確認できた。

## ③まとめ

効率化AGVは、制御システムを含めた全体の健全性が確認でき、燃費の向上及び環境負荷の排出量の低減が確認され、既存型AGVと比較して効率化AGVの方が優れていることが確認された。

## 2) GC改良

### ① 検証概要

効率化AGV2台, GC3基, 5.6GHz 通信帯域(システム全体を含む)等の改良による単体性能の把握とともに, ターミナル全体としての荷役効率, 安全性の向上の改善効果を評価した。



図-3 既存GC改良概要図

表-2 GC改良概要

項目	改良内容・効果
機能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業ロスの要因であったコンテナ移動経路の改善を図るため, インターロック形状を凹型から, 口型に見直し</li> <li>コンテナ移動の速度・精度向上を図るため, 高さ制御用カメラ, センサーを付加</li> <li>ツイストロック脱着時の作業性改善を図るため, ステージ幅を拡幅</li> <li>操作未熟者及び強風時における揚げ積みコンテナの振れを抑制するため, 振れ止め装置(ガイド)を付加</li> </ul>
安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険回避能力向上のため, コンテナ衝突防止用センサー等を追加</li> </ul>

### ② 検証結果

#### a. サイクルタイムの確認

ステージの改良により作業時間は経年的に短縮していることが確認された。(平成24~H25年度調査結果)

揚ツイスト・ロック有 ⇒ 改良後-2.56秒の改善効果

積ツイスト・ロック有 ⇒ 改良後-2.96秒の改善効果

#### b. ガイドの導入

平常時に経年的に時間短縮しているケースが多いが, ばらつきが多く改善効果は明確ではなかったものの, ガイド利用の継続を望むガントリークレーンの運転士の意見も出された。強風時での効果は, 積荷作業においてガイド先出し方式で改善効果が確認された。また, 空コンテナ荷役時でのガイドによる改善効果の発現は少なく, ガイド使用時を比較すると積作業に比べ, 揚作業の方が時間を要した。

③ まとめ

GCの改良では、ステージの改良によりサイクルタイムの短縮による改善効果が確認された。ガイドの導入では、利用条件によるばらつきが多く改善効果は明確ではなかったが、強風時には積荷作業においてガイド先出し方式で改善効果が確認された。

(2) 効率化技術開発施設

1) RTG

① 検証概要

RTG電動化による荷役効率の向上および大規模模地震発生後の復旧に要する時間について検証を行う。電動化したRTGは全てのバースで荷役することから、ここでは鍋田CT全体で効率化の検証を行う。

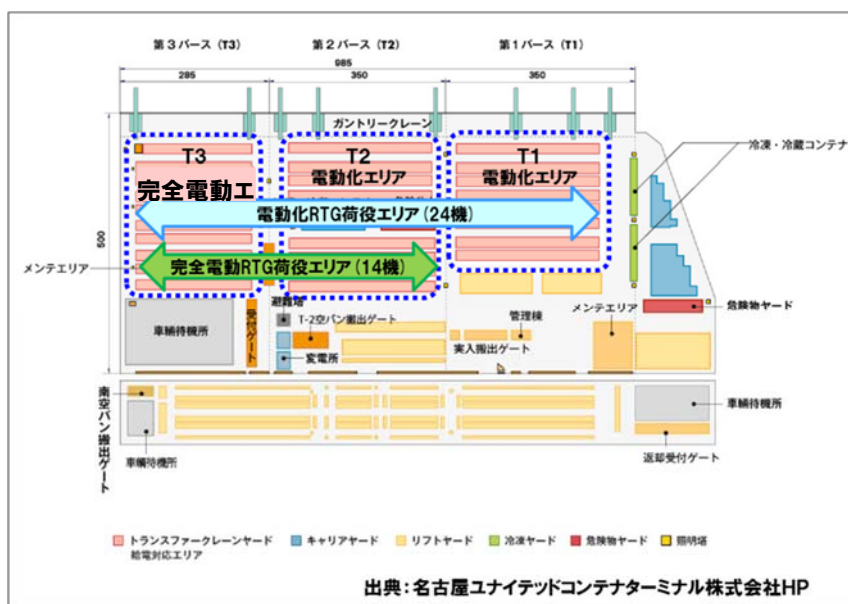


図-4 コンテナターミナル施設配置図

表-2 検討ケース一覧

検討ケース	計測時期	稼働状況	電力規制※	備考
電動化前	H22. 1. 1~H22. 12. 31	T1:非電動, T2:非電動	—	
電動化後①-1	H23. 2. 1~H23. 6. 30	T1:非電動, T2:電動	無	
電動化後①-2	H23. 7. 1~H24. 1. 31	T1:非電動, T2:電動	有	
電動化後②	H24. 2. 1~H24. 3. 31	T1:非電動, T2:電動	無	
電動化後③	H24. 4. 1~H25. 1. 31	T1:非電動, T2:電動, T3:電動	無	
電動化後④-1	H25. 2. 1~H25. 6. 30	T1:非電動, T2:電動, T3:電動	無	T1: H25. 4 電動化 (~H25. 6 試運転)
電動化後④-2	H25. 7. 1~H26. 1. 31	T1:電動, T2:電動, T3:電動	有	
電動化後⑤	H26. 2. 1~H27. 1. 31	T1:電動, T2:電動, T3:電動	無	
電動化後⑥	H27. 1. 1~H27. 12. 31	T1:電動, T2:電動, T3:電動	無	

※電力規制は、当該施設の容量による。

## ②検証結果

### a. 電動化による燃料使用量の削減

電動化の進捗に伴いRTGの燃料使用量は、図-5に示すように電動化前の1,496,027ℓから平成27年度の電動化後⑥では129,099ℓまで大きく減少し、削減率は約91%であった。

※ターミナル全体を電動化したがレーンチェンジ等の移動時は、エンジン稼働（軽油）による発電機からの給電で行っているため100%にはならない。



図-5 燃料使用量の変化

### b. 電動化による荷役時間の効率化〔エンジン稼働時間の削減〕

電動化の進捗に伴いエンジン稼働時間は図-6に示すように、電動化前の78,181時間から平成27年度の電動化後⑥では7,537時間まで大きく減少し、削減率は約90%であった。

### c. 電動化による荷役時間の効率化〔メンテナンス時間の削減〕

電動化の進捗に伴いメンテナンス時間は、電動化前の730時間から平成27年度の電動化後⑥では70時間まで大きく減少し、削減率は約90%であった。

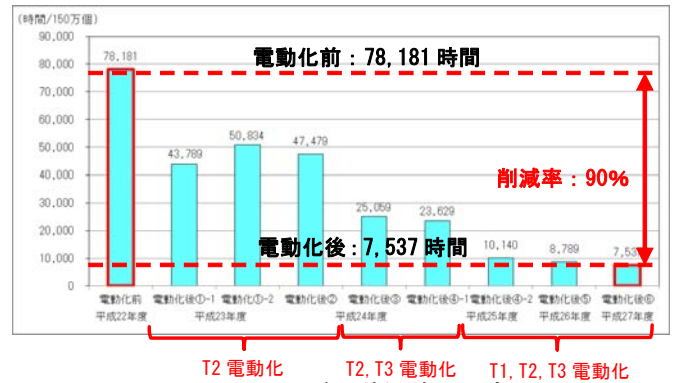


図-6 エンジン稼働時間の変化

### d. 電動化による荷役時間の効率化〔給油時間の削減〕

電動化の進捗に伴い給油時間は、電動化前の2,120時間から平成27年度の電動化後⑥では320時間まで大きく減少し、削減率は約85%であった。

### e. 電動化による荷役時間の効率化〔荷役可能時間の検証〕

電動化の進捗に伴いメンテナンス時間および給油時間の削減による荷役可能時間は、平成27年度の電動化後⑥では新たに2,460時間の荷役可能時間が確保できた。

### f. 環境負荷低減効果

電動化の進捗に伴うRTGの電力使用量および燃料使用量の変化に基づき、環境負荷低減効果としてCO<sub>2</sub>およびNO<sub>x</sub>の削減量を検証した。その結果、電動化前の3,920t-CO<sub>2</sub>から平成27年度の電動化後⑥では1,530t-CO<sub>2</sub>まで減少し、削減率約61%であった。これは燃料使用量の減少とともに電力使用量が増加し、原単位に基づき発電所からのCO<sub>2</sub>排出量を考慮したため、他の項目よりも削減効果が低い結果となった。また、NO<sub>x</sub>発生量は、電動化前の10.26tから平成27年度の電動化後⑥では0.75tまで大きく減少し、削減率約93%であった。電力のNO<sub>x</sub>排出原単位は軽油のNO<sub>x</sub>排出原単位と比較して遙かに小さいため、発電所からのNO<sub>x</sub>排出量を考慮しても燃料使用量の削減による削減率に対して影響を与えるものでは無かった。

参考：算定原単位は下記に示すとおり

CO<sub>2</sub><sup>1)</sup>

- ・軽油：0.00262t-CO<sub>2</sub>/（平成22～27年度）
- ・電力：0.000555t-CO<sub>2</sub>/kWh（平成22, 23年度），0.000518t-CO<sub>2</sub>/kWh（平成24年度），  
0.000516t-CO<sub>2</sub>/kWh（平成25年度），0.000513t-CO<sub>2</sub>/kWh（平成26年度），  
0.000497t-CO<sub>2</sub>/kWh（平成27年度）

NO<sub>x</sub><sup>2)</sup>

- ・軽油：0.0059kg/kg(平成22～27年度)
- ・電力： $0.2 \times 10^{-6}$ t/kW/h(平成22～27年度)

g. 災害後の復旧時間

大規模地震発生後における電動化施設の機能復旧までに要する時間を現地にて検証した。検証はBUS-BAR3スパン(6m×3=18m)にて行い、被害はレーン中央部のBAS-BARが転倒およびBUS-BARの転倒はないが、許容範囲を超えた法線のズレにより使用不可になった状況を想定して行った。使用機材は、基礎ブロック据付、BUS-BARの設置・撤去が可能な重機としてフォークリフトを使用し、作業員数8人で復旧を行った。復旧手順は、BUS-BAR解体(手作業+フォークリフト)、基礎ブロックの撤去・据付(フォークリフト)、BUS-BAR組立、調整(手作業+フォークリフト)とした。結果は、1スパン(6m)あたり、解体・撤去約30分、基礎設置約15分、組立・調整約60分、計105分であった。これより、1レーン(48スパン)あたりの撤去、復旧時間はおおよそ、84時間となり、24時間作業を行った場合、3.7日で使用可能な状況に復旧できる結果となった。なお、パーティ数の追加や、作業員の慣れなどを加味すれば、さらに早期復旧も可能である。

③ まとめ

電動化前後の比較を行った結果、荷役効率の向上、燃料費の削減、環境負荷の改善効果が確認できた。T3にはエンジンの無い電気供給のみで稼働する新型のRTGが導入されている(以下、完全電動RTG)が、回生電力を利用して荷役できるため、電動化RTGよりも電力使用量及び環境負荷量とも少なかった。

- ・「電動化RTG」による荷役ではメンテナンス時間では約86%、給油時間では約78%の削減効果があり、「完全電動RTG」ではエンジン稼働に伴うメンテナンスや給油がなくなるため削減率は100%となる。
- ・電動化に伴うコストの削減は、「電動化RTG」では約27%、「完全電動RTG」では約50%となる。
- ・環境負荷の低減率は、「電動化RTG」ではCO<sub>2</sub>が約54%、NO<sub>x</sub>では約86%、「完全電動RTG」ではCO<sub>2</sub>が約75%、NO<sub>x</sub>では約96%となる。
- ・災害時に基礎ブロックを据え付けたのち架台を設置することで復旧を容易にすることで耐震化を高めたことにより、3.7日/レーンで復旧可能であることが確認された。

参考文献

- 1) 軽油：「港湾における温室効果ガス排出量算定マニュアル(案) ver1.0」(平成21年6月港湾局国際・環境課)  
電力：中部電力株式会社HP
- 2) 「窒素酸化物総量規制マニュアル〔新版〕」(平成12年12月公害研究対策センター)