

コンテナ・ターミナルの一元的なゲート処理による混雑緩和効果の検証

赤石 正廣¹・米津 仁集²・飯田 輝智³・岡本 辰生⁴

¹正会員 国土交通省 中部地方整備局 (〒460-8517 愛知県名古屋市中区丸の内二丁目1-36)
E-mail:akaishi-m852a@mlit.go.jp

²非会員 名古屋港管理組合 (〒455-0033 愛知県名古屋市港区港町1-11)
E-mail:h.yonezu@union.nagoyako.lg.jp

³非会員 名古屋港運協会 (〒455-8650 愛知県名古屋市港区入船二丁目2-28)
E-mail:terumoto.iida@meiko-trans.co.jp

⁴正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦二丁目3-4)
E-mail:okamoto_t@cfk.co.jp

コンテナ・ターミナルにおいて、ゲート前のトレーラー渋滞により、運転手の待機時間の増加やコンテナの持込時間が不安定になる等港湾物流の課題となっている。ゲート混雑を解消するため、中部地方整備局は港湾運送事業者らと連携し、個別のターミナルでゲート手続きを行うのではなく、一元的にすべてのトレーラーのゲート手続きを行う集中管理ゲートを提案した。名古屋港における試験運用の結果、ゲート混雑の抜本的な解消に成功した。本稿は、集中管理ゲートの開発コンセプト、現地交通量観測と交通シミュレーションによる渋滞緩和効果、運転手の意識変化を調査し、集中管理ゲートの有効性を報告する。

Key Words : gate congestion, container terminal, gate transaction, landside gate

1. はじめに

名古屋港は、平成29年外貿コンテナ貨物約259万TEU (国内第3位) を取り扱っており、中部地域のものづくりを支える重要な役割を担っている。しかし、名古屋港では、コンテナ・ターミナル (以下「ターミナル」と略す) のターミナルゲート前に1.6kmにも及ぶ待機トレーラーの車列が発生するなど深刻な混雑に悩まされてきた。

ターミナルゲートでは、コンテナの搬出入の際、港湾保安のための3点確認、コンテナの外観チェック、書類の照合確認などのゲート手続きがなされる。ゲート前の混雑は、待機するトレーラー運転手 (以下、「運転手」と略す) の時間を浪費するだけでなく、近隣交通にも影響を与え社会的な問題となっている。また、運転手の待機時間は、単に運転手の労働時間を徒に費やすだけでなく、運転手の不足が深刻となっている現状も相まって、物流の効率化を阻害・逆行する事態でもある。

この課題を解消するため、中部地方整備局は、名古屋港運協会及び名古屋港管理組合と連携して、平成23年3月末、名古屋港飛島ふ頭にある4つのターミナルの搬入手続きを一箇所に集約する施設として「集中管理ゲ

ト」を世界で初めて設置した。7年にわたる試験運用の結果、ゲート前の混雑を抜本的に解消している。

本稿では、まず、集中管理ゲートの開発コンセプトを紹介し、次に、試験運用により観測された渋滞緩和効果、運転手の意識調査結果を報告する。さらに、交通シミュレーションによる渋滞緩和効果と費用便益分析を行い、集中管理ゲートの有効性をとりまとめる。最後に、集中管理ゲート導入にあたっての留意点をまとめ、ゲート前混雑に苦しんでいる国内外のターミナルへ混雑改善の方策として提案するものである。

2. 集中管理ゲートの開発コンセプト

(1) 集中管理ゲート導入前におけるゲート前の混雑状況

飛島ふ頭には、飛島北、NCB、飛島南及びTCBと4つのターミナルがある。集中管理ゲート導入前の平成20年9～10月に、名古屋港管理組合は、飛島北、NCB、飛島南のゲート前の混雑状況を調査している。その結果、各ターミナルにおいて、延長約1.1km～1.6kmにおよぶゲ

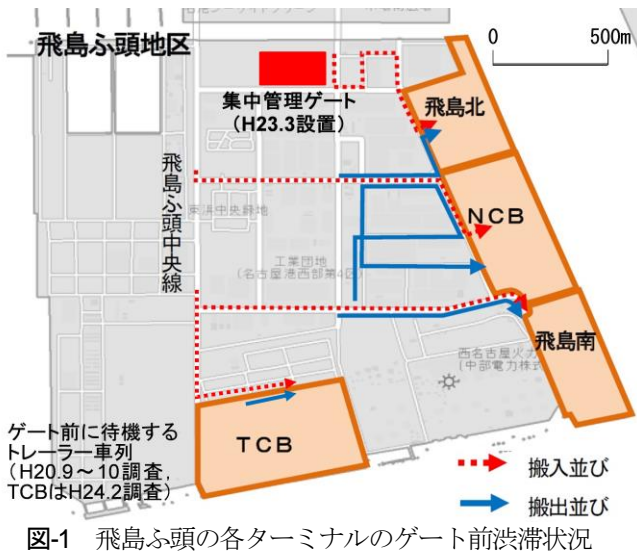


図-1 飛島ふ頭の各ターミナルのゲート前渋滞状況

ト待ちによる渋滞が確認された。特にNCBと飛島南では、コンテナを搬入するトレーラーの車列が飛島ふ頭中央線まで及んでおり、周辺立地企業からは安全かつ円滑な事業活動に深刻な支障をきたしていることが指摘されていた。

また、TCBにおいては、平成 24 年 2 月に中部地方整備局が調査を行い、ゲート前から約 1.0km（公道上是 0.6km）の渋滞を確認している（図-1）。

(2) ゲート手続きと混雑の要因

ターミナル入構に際して、運転手が運ぶコンテナ情報と、それを引き取るターミナル・オペレーター（以下、「オペレーター」と略す）との間で、運転手の持つコンテナ情報と現物のコンテナの番号確認、通関処理の確認、コンテナ外観への損傷の有無の確認、港湾保安のための運転手・コンテナ確認など、厳格な確認作業が行われる。確認を経た運転手は、オペレーターにより決められるコンテナの蔵置場所（以下、「スロット」と称する）までトレーラーを運び、コンテナの引き取りがおこなわれる。

このプロセスは、ゲートでの混雑を惹起する。到着するトレーラー台数に比べてゲート数が少ない場合や、ゲート処理が迅速になされない場合には、ゲート前混雑が発生する。書類に不備があるトレーラー（これは全体の約 7%から 10%前後混在していると報告がある）には、大幅な手続き時間を浪費する。これらの遅延は、後続のトレーラーにも影響し、待機する車両が増加することになる。待機トレーラーを収容する引き込み線がない場合は、一般交通へも影響することになる。

また、ゲートを通過したトレーラーは、スロットが速やかに決まらないと、ヤード内で待機せざる得なく、後続のトレーラーに遅延が伝播することになる。

(3) 集中管理ゲートの開発コンセプト

集中管理ゲートの導入の目的は、前述の混雑の要因を取り除き、個別のターミナルごとに対応するのではなく、ふ頭全体でのゲート処理の全体最適を追求しようとするものである。

開発コンセプトは、まず、個々のターミナルで行っているゲート処理を、集中管理ゲートで一元的に処理し、待機するトレーラーのための引き込みレーンを用意することで、ゲート処理による混雑の発生を内部化する。次に、ゲート数や検査要員といったゲート処理の資源を集中し、ピーク交通量に対する混雑の発生を効率的に抑制する。さらに、トレーラーの移動時間を活かし、スロット調整の際に発生する遅延の抑制を図るものである。

また、集中管理ゲートの導入の前提として、名古屋港統一ターミナルシステム（以下、NUTS: Nagoya United Terminal System と略す）の存在がある。NUTS は、名古屋港のすべてのターミナルに導入運用されているオペレーション・システムであり、同一フォーマットによる手続きが可能となっている。コンテナやトレーラーなどのゲート処理に必要な情報は、一般的には個々のターミナルのみで独占的に扱われるものである。しかし、名古屋港では NUTS を利用することでこれらの情報を共有でき、集中管理ゲートを有効に機能させることができた。

集中管理ゲートのコンセプトは、港湾運送事業者である名港海運(株)と三井造船(株)により平成 23 年に特許登録（特許第 4736080 号）がなされている。中部地方整備局は、名古屋港運協会（名港海運も協会メンバー）及び名古屋港管理組合と連携して、コンセプトを具体化し、効果の検証に取り組んだ。次に、このコンセプトの詳細を説明する。

a) ゲート処理のための資源の集中化による混雑の抑制

ターミナルでは、船舶の入港前日には搬入貨物、入港翌日には搬出貨物の取り扱いが多い（図-2）。荷動きのピーク時に、ゲート処理能力がオーバーフローしがちとなる。4 つのターミナルのゲート処理を一箇所に集約することで、個々のターミナルのピーク時に対応するゲート数や検査要員を十分に賄えることから、ゲート処理能力がオーバーフローすることを抑えることができる。また、各ターミナルの荷動きのピーク日は異なるため、ふ頭全体の荷動きのピークは、個々のターミナルの荷動きのピークの合計より少なくなる。このため、ピーク時に投入するゲート数や検査要員の資源は、個々のターミナルで対応するより、4 つのターミナル全体で対応するほうが、より効率的に配分し運用できると期待される。

書類不備車両は処理に長時間を要することから、限られたゲート処理能力を大きく損なうことになる。結果として後続のトレーラーの滞留が発生させる要因となる。

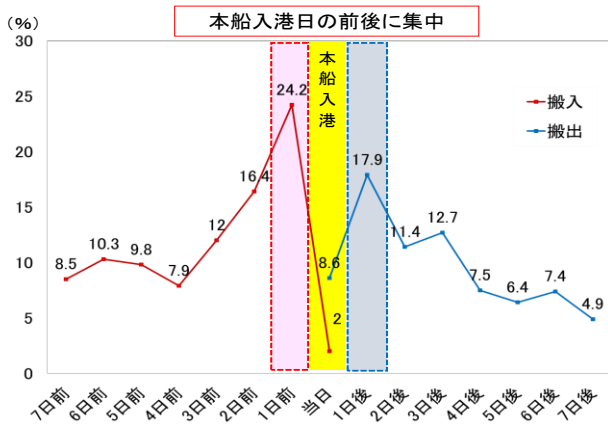


図-2 船舶入港前後における搬出入コンテナの荷動き量の変化（飛島ふ頭内 4 ターミナル平成 23 年 11 月 13 日～11 月 19 日における各ターミナルの本船入港日を基準とした前後の日でのコンテナ搬入出量を平均化したもの）

このため、集中管理ゲートの豊富なゲート数を活用し、書類不備車両か否かでトレーラーを仕分けるゲート運用とすることで、書類不備車両による後続車への影響を避け効率的なゲート処理ができると期待される（図-3）。

b) ゲート処理により発生する混雑の内部化

NUTS を活用した集中管理ゲートの導入により、ゲート処理を集中管理ゲートで行い、個々のターミナルでは行わない。トレーラーは、ゲート前での手続きなしでターミナル構内に入構でき、ゲート前での混雑は発生しないことになる。

また、個々のターミナルには、トレーラーの引き込み線が十分に確保されておらず、ピーク時にトレーラーの車列が臨港道路にあふれ、近隣のターミナルに向かうトレーラーや一般車両の走行に深刻な支障となっていた。このため、集中管理ゲートには十分な滞留レーンを設け、ゲート処理により発生するトレーラーの滞留を集中管理ゲート内に封じ込めることとする（図-4）。

c) スロット調整に起因する遅延の抑制

ゲート手続きを終えたトレーラーはターミナルに入構し、オペレーターは、運転手にスロットを決定し伝える。スロットが決まらなると、トレーラーは、ターミナル内へのスムーズな入構ができず、ゲート前で待機が発生することになる。

しかし、集中管理ゲートで受付をしたコンテナ搬入情報は、NUTSを介することで、個々のオペレーターは同時に取得できる。オペレーターは、トレーラーが集中管理ゲートを出て個々のターミナルゲートまで移動する時間を利用して、スロットの決定や荷役機械の事前手配が可能となる。これにより、ターミナル内での待機時間を削減し渋滞発生が抑制される（図-5）。

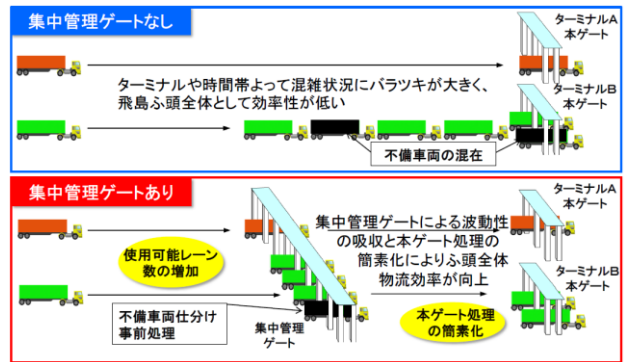


図-3 ゲートの弾力的な運用による混雑の発生抑制

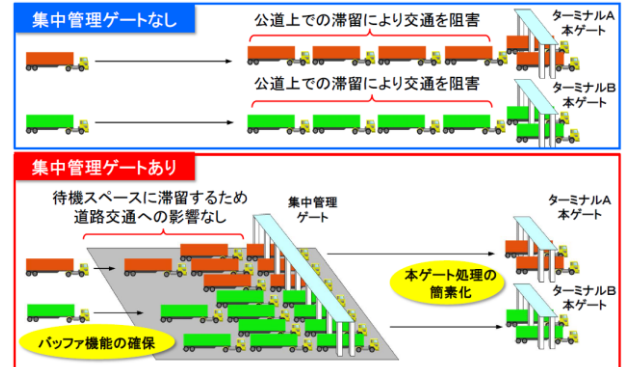


図-4 ゲート処理により発生する混雑の内部化

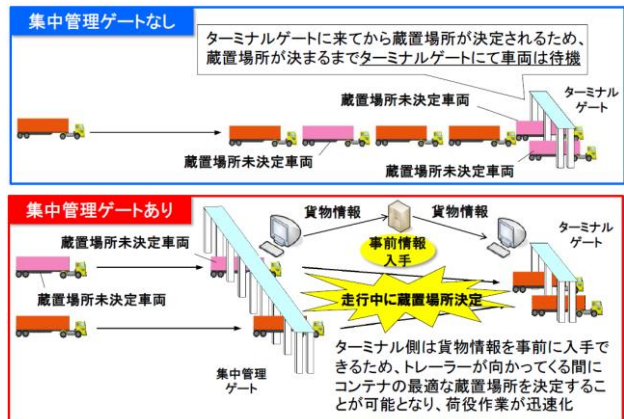


図-5 コンテナ情報を共有した事前スロット調整による遅延時間の抑制

3. 集中管理ゲートの試験運用による混雑軽減効果の検証

本コンセプトを実証するため、国、名古屋港運協会及び名古屋港管理組合の三者が連携し、飛島ふ頭に集中管理ゲートの設置・試験運用を行った。設置前後におけるゲート前待機車両台数の変化、トレーラーのゲート到達時間の現地観測、運転手の評価をモニターするとともに、交通シミュレーションによる効果検証と費用対効果分析を実施した。

(1) 集中管理ゲートの施設レイアウト

集中管理ゲートは、約 5.7ha の敷地に搬出入合わせて 22 レーンのゲートを設置し、十分な待機レーンを設けた。集中管理ゲートに並ぶトレーラーによる周辺道路の渋滞を溢れないようにした (図-6 及び表-1)。

次に、搬入 (輸出) 貨物を積んだトレーラーの動線に基づいた施設の概要を記す。

a) 看賞場 (トラックスケール)

輸出貨物をターミナルに搬入するトレーラーは、集中管理ゲートの施設入口から看賞場へ向かい、コンテナ重量の計測、搬入貨物情報を受付装置に登録する。登録された貨物情報と NUTS に登録されている情報の対査により、通常車両と不備車両の仕分けがなされ、集中管理ゲートのレーン番号の指示を受ける。

b) 集中管理ゲートレーン

トレーラーは指示を受けたレーンに進み、コンテナの外観チェック、搬入票対査処理 (コンテナ番号、船積み予約等) を行い、各ターミナルへ向かう旨指示を受ける (写真-1)。



写真-1 集中管理ゲートでのトレーラー待機状況

c) 各ターミナルゲート

トレーラーは指示されたターミナルに向かい、そのゲートにおいてコンテナのスロットの指示を受ける。

(2) ゲート前トレーラーの待機状況の変化

集中管理ゲート設置前は、ターミナルゲートオープン時において飛島南ターミナル付近で最大約 500m、TCB 付近では 16 時 30 分頃に約 600m の滞留が発生していた。集中管理ゲート設置後は、滞留がほぼ発生していない (図-7)。他のターミナル前においても同様の結果となっており、集中管理ゲート設置によるゲート前のトレーラー滞留は解消された。

(3) ゲート業務の平準化 (波動性の吸収による輸送効率の向上)

集中管理ゲート設置に伴い、各ターミナルゲートまでの所要時間を把握し、ゲート業務の平準化の検証を行った。図-8 はトレーラーが飛島ふ頭に入ってから TCB ターミナルゲートに到達するまでの所要時間を集中管理ゲート運用前後で比較したものである。処理台数は概ね同じであるため、同一条件として比較を行った。集中管理ゲート運用前は最短で 5 分 24 秒、最長で 48 分 54 秒と、その差は 43 分 30 秒であったのに対し、運用後は最短で 13 分 24 秒、最長で 19 分 42 秒となり、その差 6 分 18 秒と短縮されている。つまり、所要時間の開きが小さく平

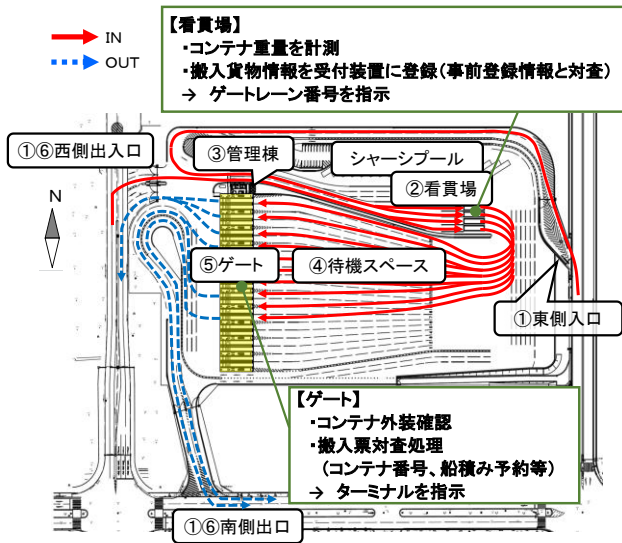


図-6 集中管理ゲートレイアウトとトレーラーの動線

表-1 集中管理ゲートの施設諸元

施設	規模	備考
面積	5.7ha	
看賞場	トラックスケール 4 基	輸出貨物重量計測
ゲート	22 レーン	搬入 12, 搬出 10
待機スペース	220 台分	10 台レーン
シャープール	19 台分	不備車両退避用
管理棟	処理室, 休憩室	

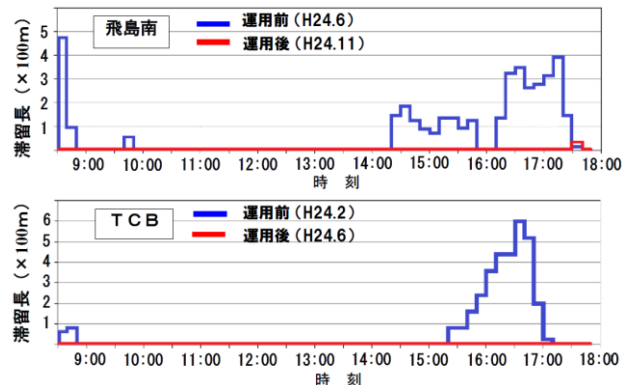


図-7 ターミナルゲート前における滞留長調査結果

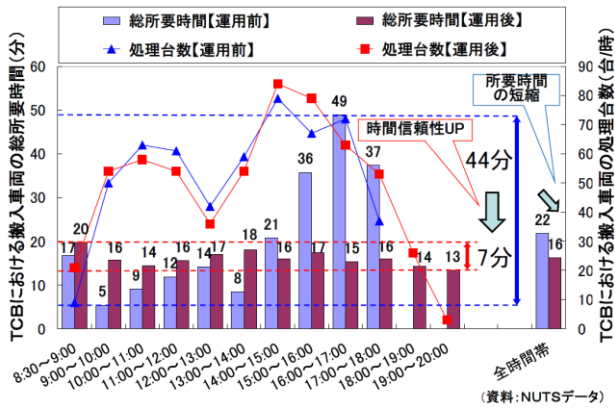


図-8 飛島ふ頭入口～ターミナルゲートまでの所要時間

準化されたことにより、時間信頼性が向上したことが分かる。また、時間帯によって短縮効果が異なるものの、全時間帯での平均所要時間は21分57秒から16分46秒となり、5分11秒程度短縮された。

なお、運用前の所要時間の最短が5分24秒であるのに対し、運用後の最短は13分24秒に増加している。これは、集中管理ゲート運用後は必ず集中管理ゲートを經由する必要があるためであるが、運送事業主からは単に所要時間の短縮されたことよりも、いつ運搬しても同じような所要時間でトレーラーが帰還するという時間信頼性が向上したことに對して評価しているという意見があった。

(4) 集中管理ゲート導入に対する運転手らの評価

集中管理ゲートを利用する運転手と運送事業主を対象に混雑の変化に対するアンケートを実施した(表-2)。

集中管理ゲート運用前と比べ、約7割から「良くなった」との回答を得た(図-9)。良くなった具体的な点として、運転手からは、「渋滞・ゲート待ちの解消」、「ターミナル内での荷役作業待ちの短縮」と「時間の安定性(作業時間が事前に読める)」との意見があった。また、運送事業主からは、トレーラーの「作業時間の正確性向上」、「作業時間の短縮」と「回転率の向上」が挙げられた。一方、トレーラーは集中管理ゲートを經由するため、運用前に比べ「ふ頭内の走行距離が長くなった」との指摘があった。直近の意見として飛島ふ頭内の立地企業からは、ターミナルゲート入構待ちの渋滞が解消し、安全かつ円滑な事業活動ができる環境になったとの評価を得ている。

表-2 運転手や事業主へのアンケートの方法

実施時期	平成24年9月	
方法	郵送配布・回収	
配布・回収状況	運転手	対象3,496名, 回収1,473(42.1%)
	運送事業主	対象269社, 回収132(49.1%)

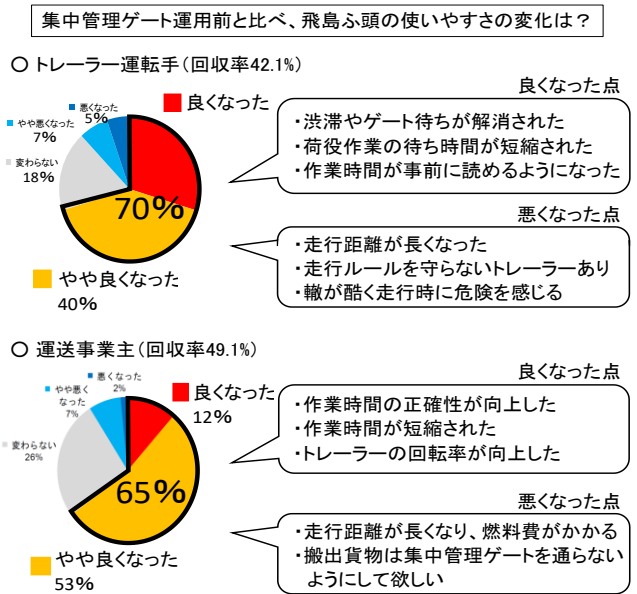


図-9 運転手や運送事業主による集中管理ゲート導入の評価

(5) シミュレーションによるふ頭全体の混雑軽減効果と費用便益分析

a) シミュレーションモデル

離散型のマイクロ交通シミュレーター「TRAFFICSS」をベースに、飛島ふ頭内の4つのコンテナターミナルのターミナルゲート及び集中管理ゲート、さらにゲートへのアクセス道路(ふ頭内道路)を実際の施設配置及び運用方法に即してモデル化した。

ゲートの処理能力は、名古屋港連協会へのヒアリング結果に基づき、搬出入別、実入り・空別にコンテナトレーラー1台当たりの平均処理時間を設定した。

トレーラーの到着台数は、平成25年1月から平成26年8月の1週間当たりの入構台数をもとに平均的な1週間を抽出し、ゲート毎に10分間当たりの到着台数を設定した。10分間当たりの到着台数に対して発生確率はポアソン過程に基づくものとした。

ゲート部で渋滞が発生するとゲート前に設置された搬出入別、実入り・空別の車両待機レーンに滞留していき、その容量を超過するとアクセス道路にも滞留するものとした。

b) シミュレーション結果

集中管理ゲート「あり」・「なし」のケースについて、同じ交通流の条件の下シミュレーションを実施し、結果を比較することで効果の確認を行った。比較するデータは、年間当たりの「所要時間」と「走行距離」とした。シミュレーションは、平成27年11月～平成28年10月までのNUTSデータを用い、混雑状況を14にパターン化(搬入9,搬出5)して実施し、年間発生頻度を乗じて効果を算出した。なお、計測範囲は、飛島ふ頭にトレーラーが進入し、退出するまでとした。

表-3 シミュレーションによる集中管理ゲートの設置効果

	ゲートなし	ゲートあり	削減効果
所要時間 (時間/年)	419,022	339,441	△79,581 (トレー1台当たり 6分5秒短縮)
走行距離 (万 km)	3,958.7	4,130.2	171.49 増加 (トレー1台当たり 2.2km 増加)

その結果を表-3 に示す。トレー1台当たりの平均所要時間は6分5秒短縮、走行距離は2.2kmの増加であった。先述の通り、集中管理ゲート運用後はコンテナ貨物を積んだトレーは必ず集中管理ゲートを經由することから、走行距離が増えているものの、所要時間は短縮される結果となった。

c) 費用対効果分析

シミュレーション結果を基に、費用対効果分析を行い、事業としての投資効果を検証した。

集中管理ゲート設置による便益は、輸送コストの削減額を計上し、その内訳はシミュレーションで算出した所要時間短縮効果と走行費用削減効果とした。トレーの走行時間費用原単位は「港湾施設の評価に関する解説書 2011」より 81 円/分・台と設定した。また、走行費用原単位は、シミュレーションによるふ頭内走行の平均速度より 68 円/台・km と設定した。費用は整備費と維持管理費を計上した。

計算の結果、供用期間中の総便益 (B) 81.6 億円と総費用 (C) 39.7 億円より、費用便益比 (B/C) 2.06、経済的内部収益率 (EIRR) 19.4%となり、投資効果としても有意であることが確認された (表-4)。

表-4 費用便益分析の条件と結果

条 件	基準年	平成 28 年度
	社会的割引率	4.0%
	期 間	供用後 38 年間
	便 益	輸送コスト削減 ・ 所要時間短縮効果 (原単位：81 円/分・台) ・ 走行費用削減効果 (原単位：68 円/台・km)
	費 用	建設費，維持管理費
結 果	総便益 (B)	81.6 億円
	総費用 (C)	39.7 億円
	費用便益比 (B/C)	2.06
	経済的内部収益率 (EIRR)	19.4%

4. まとめ

(1) 集中管理ゲートの効果検証の結果

平成 23 年から約 7 年かけて実施した、集中管理ゲートの試験運用を経て、実用化のめどを立てることができた。

現地交通観測からは、運用前は最長 500~600m 程度あったゲート前のトレーの渋滞は、運用後にはほぼ解消できた。また、トレーの各ゲート到達までの時間が平均で 5 分 24 秒の短縮、また、繁閑の差による所要時間の波動を 43 分 30 秒から 6 分 18 秒に抑えられ、時間信頼性の向上を確認した。

運転手、事業主のアンケートからは、集中管理ゲートに迂回するため走行距離は長くなるものの、時間短縮効果の評価する声が約 7 割あった。

数値シミュレーションからは、ふ頭内を走行するトレーの走行距離は平均 2.2km 増加するものの、1 台当たりの平均所要時間は 6 分 5 秒短縮し、各ターミナル前の滞留長の減少も確認できた。また、シミュレーションをもとにした費用対便益分析において、費用便益比 (B/C) =2.06 と、社会的な効用があることを確認した。

これらの効果が得られた要因として、①NUTS により運送事業主及び運転手に対する統一的な対応が取れたこと、②集中管理ゲートの設計段階から多方面の関係者の意見を取り入れてきたこと、③試験運用するターミナルを段階的に拡大し運転手の慣熟期間を設けたこと、④集中管理ゲートの効果を直接的に感じるにより、関係者間の協力・信頼関係の醸成ができたことが考えられる。

反省点としては、集中管理ゲートへ行き来する交通量が臨港道路の交通容量を超え、渋滞を引き起こす場合もあった。集中管理ゲートの周辺道路の交通容量も併せてふ頭内交通の効率化を見る視点が重要である。

(2) 今後の取り組み

集中管理ゲートは平成 29 年度末に試験運用を終えた。施設は、地元企業に売払され、引き続き運営されている。今後は、地元企業がより効率的な運営ができるよう、支援を継続する予定である。

また、本検証で得られた知見や成果を「コンテナターミナルゲートの効率化の手引き」として取りまとめた。同じ課題を抱えた港湾やオペレーターに集中管理ゲートによる混雑改善を周知していく予定である。また海外ではゲート前混雑に苦しむ多くの港湾がある。集中管理ゲートを海外インフラ輸出の技術要素として、海外の港湾への展開することも期待する。

謝辞：本検証は、名古屋港運協会、名古屋港管理組合の協力のもと実現した。厚く御礼申し上げる。また、効果の検証のご指導を賜った「名古屋港飛島ふ頭物流効率化検討委員会（委員長：山本幸司名古屋工業大学名誉教授）」の委員各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 和田尚久, 土田真也：名古屋港における港湾物流効率化に向けた取り組み—集中管理ゲートによる渋滞解消—, 平成 25 年度国土技術研究会.
- 2) Motono, I., Furuichi, M., Ninomiya, T. Suzuki, S. and Fuse, M. [2016], “Insightful observations on trailer queues at landside container terminal gates: What generates congestion at the gates?”, *Research in Transportation Business & Management*, 19, pp.118-131.
- 3) 山中育雄：次世紀への港湾荷役，IT 革命時代の港湾（その 5）名古屋統一ターミナルシステム（NUTS），港湾荷役第 46 巻 5 号，p545-550，港湾荷役機械化協会，2001.
- 4) 鈴木聡：名古屋港コンテナターミナル「飛島ふ頭集中管理ゲート」運用・効果検証開始，港湾荷役第 57 巻 3 号，p317-322，港湾荷役機械化協会，2012.
- 5) 元野一生, 古市正彦, 瀬木俊輔 [2016] : “コンテナ・ターミナルにおけるゲート混雑対策の効果的な運用に関する考察”，*運輸政策研究*, Vol.19, No.3, 2016, Autumn .

(? 受付)

CONGESTION ALLEVIATIONS AT CONTAINER TERMINAL GATES BY A CENTRALIZED GATE SYSTEM

Masahiro AKAISHI, Hitochika YONEZU, Terumoto IIDA and Tatsuo OKAMOTO

Landside gate congestion at container terminals has become a serious issue throughout the world. The congestion increases trailer drivers' waiting times and makes their delivery times longer and unpredictable. In many ports, a terminal attempts alone to ease the congestion by increasing the gate lanes and/or flattening arrival trailer traffic peaks at its own gates. The port of Nagoya, conversely, centered a new gate for all terminals to entirely optimize gate transaction. The gate was developed as a compulsory pre-gate system called Screening Center System (SCS) upstream of the destination terminals. In addition, the port introduced an integrated information system to share information on the gate transaction among the SCS and all terminals. The SCS supported by the information system effectively reduced the congestion as a result.

In this paper, we will outline a concept of the SCS and examine its effects. The first, SCS's main concept is to level arrival trailers' peak traffic and dynamically allocate numbers of gate and tallymen for the traffic. In addition, it provides enough waiting space for arrival trailers. This mechanism prevents the gate from generating a queue.

The second, traffic observations revealed that a chronic queue at the gate was disappeared after the SCS was introduced. The numerical simulation also indicates that the SCS reduces the gate waiting times at all terminals. For instance, the average travel times from the port entrance to the TCB terminal gate reduced from 22 minutes to 16 minutes.

Finally, benefits by reducing drivers' waiting times surpass both development and maintenance costs of the SCS. In addition, seventy percents of the trailer drivers are satisfied with the SCS even though they have to detour to the SCS before the destination terminals. Comments and findings are also referred.