

モーダルシフト輸送の活用による 一貫パレチゼーションの展開に関する調査

【2022年度 KR-089】

日本大学 生産工学部 マネジメント工学科 教授
鈴木 邦成

1. 調査研究の背景

地球温暖化問題、並びに少子高齢化の進展による物流業界のトラックドライバー不足問題などの効果的な対策として、一貫パレチゼーションのより一層の展開を前提としたモーダルシフト輸送のさらなる導入に期待が集まっている。地球温暖化問題の深刻化を緩和するために必要とされるCO₂（二酸化炭素）排出量の削減は、トラックによる単独輸送から鉄道輸送などとのリンクを前提としたモーダルシフト輸送の導入で大きな効果が得られると考えられている。さらにいえば、モーダルシフト輸送を、働き方改革関連法で求められているトラックドライバーの労働環境の改善とも結びつけ、本格的な導入が不可避となっている中継輸送と組み合わせ活用していくことも求められている。鉄道輸送を基軸としたモーダルシフト輸送における一貫パレチゼーションの導入について、荷役工程の負担軽減を図り、ホワイト物流の推進に寄与することを本研究の目的とする。モーダルシフト輸送においてはCO₂排出量を削減できることが知られているが、貨物特性に合わせてコンテナ及びパレットの寸法を適正化することで、荷捌き及び荷役業務の最適化の実現が可能になり、より大きな効果が得られるのではないかと考えられる。

それゆえ、鉄道貨物輸送システムもここにきて、さらなる刷新が求められているわけである。モーダルシフト輸送と中継輸送を組み合わせることで、輸送モードごとに鉄道の乗務員や運転士、トラックドライバーは多頻度で交替し、貨物の積み替え、積み下ろしの頻度も上がる¹⁾。したがって、手荷役、手作業、手動運転が中心の現状を大きく改める必要性にも面している。本研究ではその点を踏ま

えて、パレット、並びにコンテナの荷姿と運搬・荷役形態の現状を分析し、課題を抽出したうえで、対応策を検討していくこととする。さらに本研究では貨物及び輸送包装の特性について緻密な調査研究を行うことでモーダルシフト輸送及び中継輸送の効果を最大化する方向性を示す。

2. 調査研究の概要

(1) 鉄道貨物におけるコンテナ輸送

鉄道貨物のコンテナに積み込む貨物は、輸送中に振動や衝撃を受けることがあるため、パレット化された貨物を積み込む際には、貨物を梱包しなければならない。またコンテナのサイズに合わせたパレットの選定も必要となる。

なお、パレット化された貨物をコンテナに積み込む際には、荷役、輸送プロセスにおいてコンテナ内で固定する。コンテナ内に積み込む貨物は、均等に配置する。特定の箇所に荷重が偏ってしまうと、車両の安定性に影響を与えたり、荷崩れや破損の原因になったりする可能性がある。荷姿の均等化には、貨物の種類や形状に応じた適切な積み方を行う必要があることを踏まえ、鉄道貨物の荷姿は荷崩れ防止の視点から、輸送する製品の特性に合わせて工夫されている²⁾。

(2) 一貫パレチゼーション

一貫パレチゼーションとは発荷地から着荷地まで同一のパレットに貨物を載せて輸送、保管、荷役を行う輸送方式である。一貫パレチゼーションを導入することでフォークリフトによる大ロットの効率的な輸送が可能になり、手作業や手荷役が削減できる。加えて近年は自動搬送フォークリフト（AGF）を活

用することで省人化、さらには無人化の実現も可能になってきている。たとえば通運についても貨物運搬をプログラムに沿って無人で行うフォークリフトを活用できれば、人手不足を解消することが可能になる。

(3) 無人搬送フォークリフトの導入

無人搬送フォークリフトの大規模な導入により、人件費削減などのコストメリットを享受できるのみならず、荷役品質についても大きな向上が見込めることになるが、表1は鉄道貨物輸送における無人搬送フォークリフトの導入効果をまとめたものである。すなわち無人搬送フォークリフトの導入により生産性の向上、作業環境の改善、荷役品質の向上、24時間対応の実現などが期待できるのである。

コンテナ荷役を取り扱うフォークリフトを無人搬送フォークリフトに切り替えて運用することで効率化の実現が可能になる。無人搬送フォークリフトは、自動走行・自動積み込み・自動荷卸しなどの機能を備え、従来型のフォークリフトと比較して作業効率の向上や作業時間の短縮、作業の安全性向上などが期待できる³⁾。

無人搬送フォークリフトの導入に関するコストシミュレーションのモデル式は次のように表される。

投資回収期間を考慮した場合の総コストは、コンテナの積み替えを自動搬送フォークリフトに切り替える場合、以下のようなモデル式が考えられる。

新システムの導入にかかる初期投資コスト： I

人件費の減少額： R

積み替えにかかる時間の短縮による物流コストの削減額： S

このとき、システム導入前の年間物流コストを $C1$ 、システム導入後の年間物流コストを $C2$ とすると、以下の式で $C1$ と $C2$ を表すことができる。

$$C1 = TC + PL + DL + HL + IL \quad (1)$$

$$C2 = TC + PL + DL + HL + (IL - R) + S \quad (2)$$

$$C2 - C1 = I/N + R + S \quad (3)$$

使用記号

TC : 輸送コスト、 PL : パレット費用、 DL : 荷役費用、 HL : 保管費用、 IL : システム導入前の積み替え回数、 N : システム導入後の積み替え回数

表1 鉄道貨物輸送における無人搬送フォークリフトの導入効果

効果	概要
生産性の向上	人間のオペレーターが必要なくなり、人件費の削減や作業効率の向上が可能。自動化されることで、荷扱いや構内運搬がよりスムーズに行われ、生産性の向上につながる
作業環境の改善	低騒音・低振動で作業が行われるため、作業環境の改善が可能。労働災害や健康被害のリスクを低減することも可能
荷役品質の向上	安定した速度で作業が行われるため、作業環境の改善が可能。労働災害や健康被害のリスクを低減することも可能
鉄道荷役の24時間対応の実現	24時間稼働可能。通常の作業時間を超えての作業や、土日祝日でも作業が可能

表2 有人フォークリフトと無人搬送フォークリフトのコスト比較(例)

	有人フォークリフト	無人搬送フォークリフト
作業日数	20日	20日
荷役費用	1.5万円/日 × 6人(作業員) × 20日	1.5万円/日 × 1人(管理者) × 20日
積替え回数	4回	8回
総荷役時間	32000回 × 30分/回 × 6人(有人作業)	128000回 × 10分/回(無人作業)
保管費用	360万円/月 ÷ 20日	360万円/月 ÷ 20日
年間総コスト	6480万円/年	4320万円/年

注) 荷役費、保管費は労働条件などを考慮して設定した推定値を使用。フォークリフト作業員、オペレーション管理者の人件費は当該業務の相場と考えられる実勢値の時給1500円に設定⁴⁾

表2のデータをもとに前提条件として、初期投資が1億円であること、無人搬送フォークリフトを導入することで年間のランニングコストが手動の場合に比べて2160万円削減されること、また、その削減額が毎年一定であるとして、積み替え回数を2倍に増やせると仮定して、コストシミュレーションを行ったところ、無人搬送フォークリフトの導入により33.33%のランニングコストの削減、初期投資を1億円と考えた場合、初期投資は5年10か月程度(年利0.09%と仮定)で回収できるという結果が一例として示された。

(4) モーダルシフトを組み込んだ中継輸送

2024年4月1日からのトラックドライバーの労働時間の上限設定に伴い、輸配送拠点の見直しの動きが大きくなっている。労働時間の上限設定を念頭に150~200km以内での輸配送ネットワークの再構築を進め、複数都市圏へのアクセスを強化する必要が出てきている。

そしてそうした流れのなかで注目されるのが中継輸送の推進である。中継輸送とは、一連の輸送プロセスを1人のトラックドライバーは担当するのではなく、図1のように複数のトラックドライバーによるリレー方式による輸送であるが鉄道輸送を組み込む類型も出てきている。状況によってはパレット荷役による積み替えが行われるケースも十分にありえるといえよう。ただし、中継輸送の円滑な導入には既存の拠点構築などのインフラの活用だけでは対応できない。

中継輸送を前提としての貨物輸送施設については老朽化や前近代的な施設も多く、最新の物流オペレーション環境の構築も急がれている。

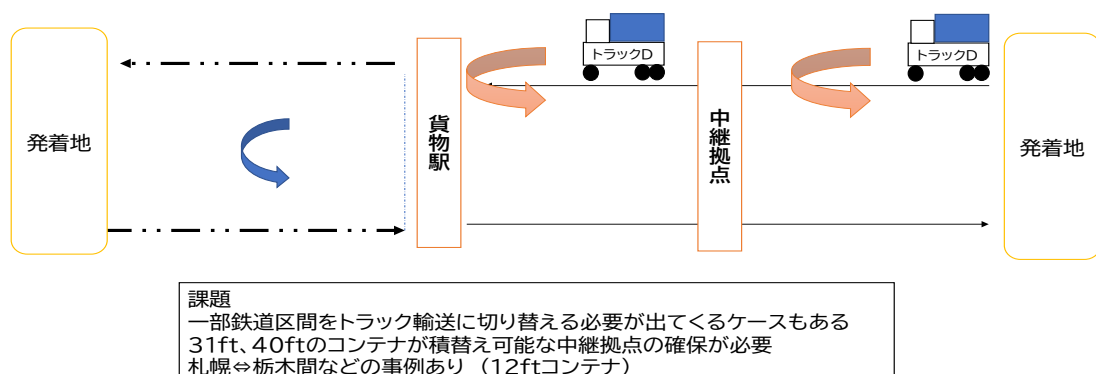


図1 中継輸送の発展の可能性としての鉄道輸送とのリンク⁵⁾

3. 考察

(1) 鉄道貨物における荷姿

化学工業品の荷姿はコンテナへの積載においてはフレキシブルコンテナバッグ(フレコンバッグ)を床面にPP紐(ポリプロピレンを延伸して作った紐)を用いてラッシングフックに斜め掛けとする養生を施す。段ボール箱を用いて養生することも多い。ただし、荷姿を変更したうえでパレット荷に切り替える可能性を模索するべきであろう。

食品関係の荷姿は、段ボール箱のバラ積み貨物として取り扱われることが多い。パレット荷への切り替えが望ましい。ブロック積みではなく、レンガ積みやピンホール積みなどの荷崩れを起こさない積み方に変更する必要もある。また荷崩れ防止の緩衝材、保護材などについては、あり合わせの段ボールやパレットを立ててすき間を埋める「立てパレ」が行われているケースもあるようだが、JIS(日本産業規格)に準拠した本来の物流器具などの使い方に従う必要もある。また一斗缶、紙袋などの荷姿も見かけられるようであるが順次、パレット荷にシフトさせていく工夫が必要になってくるだろう。一部で行われているシートパレットの導入は荷役生産性の向上の観点からより一層推進するべきであろう⁶⁾。

(2) 無人マテハン機器の導入における貨物輸送管理システムとの連携

無人搬送フォークリフトの導入に際しては貨物輸送管理システムなどとのシステム連携を構築、強化する必要がある。貨物鉄道においては貨物輸送管理システムが鉄道貨物の受付から輸送、配達までの一連のプロセスを管理している。貨物の輸送状況や配達予定時刻、輸送コストなどの情報をリアルタイム

に管理・共有することが可能である。しかし、複数の事業者の独自の情報システム間の相互運用性が低いと情報共有が難しくなり、貨物の輸送状況を正確に把握することができない。一例をあげるとJR貨物が輸送する貨物が無人搬送フォークリフトを活用して他社や委託先に引き継がれる場合、引き継ぎ先のシステムと情報を共有する必要がある。だが、システム間の相互運用性が低いと、貨物の輸送状況を正確に把握することができない。またコンテナ位置管理システム「TRACE」とのリンク、さらなる活用や高度化も必要になってくるだろう⁷⁾。

4. まとめ

鉄道輸送を組み込んだ中継輸送における一貫パレチゼーションを推進する流れの中で、その中核を担う物流容器であるパレット及びコンテナを基軸とした鉄道荷役のより一層の効率化の方向性が確認できた。コンテナ内の荷姿をパレット単位としたうえで標準化を進めることが重要であり、あわせて将来的にはコンテナの積み込み、積み下ろしなどの通運荷役作業に無人搬送フォークリフトを導入していくことが効率化やコストメリットを考えるうえでも効果的であるといえるだろう。□

謝辞

本研究は一般社団法人研友社から「鉄道技術等に関する調査研究の助成事業」である「2022年度調査研究課題」として助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 鈴木邦成：DXで変わる物流業界～2024年問題、日本物流団体連合会会報 [Grow]、No.103、一般社団法人日本物流団体連合会、pp.5-7、2023年
- 2) 公益社団法人全国通運連盟：鉄道コンテナ輸送ガイドブック、pp.5-24、2016年
- 3) 鈴木邦成、中村康久：シン・物流革命、幻冬舎、pp.98-101、2022年
- 4) 厚生労働省：令和3年賃金構造基本統計調査、<https://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/chingin/kouzou/z2021/index.html> (参照日：2023年3月29日)
- 5) 国土交通省自動車局貨物課：中継輸送の取組事例集改訂版、pp.77-79、2022年
- 6) 公益社団法人鉄道貨物協会輸送品質向上委員会：荷擦れ・荷崩れ防止対策養生事例集、pp.3-24、2022年
- 7) 公益社団法人鉄道貨物協会：JR貨物情報システム部、Monthly 貨物、Vol.69、pp.20-21、2019年