

# 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関する研究

日大生産工

○ 鈴木 邦成

## 1 まえがき

働き方改革関連法の施行で一般職の時間外労働時間は月45時間、年間360時間を限度と設定されている。これに対してトラックドライバーなどの自動車運転業務では社会的な役割を考慮して2024年4月までに年960時間（月平均80時間以内）とすることが決められている。一般職に比べれば、厳しい労働条件ではあるが、この労働時間の上限の設定により、企業物流の基本スキームの再構築の必要性が出てきており、それが「2024年問題」として注目を集めている。というのは、2024年問題の発生でトラックドライバーの月間労働時間などに上限が設けられたことで、トラックドライバーの確保が難しくなったり、供給リードタイムが長くなったりする可能性が指摘されているからである。また、2024年問題を議論する以前の問題としても、少子高齢化社会の進展で若年層の自動車運転業務への関心が弱まり、長期的な視野からトラックドライバー不足が指摘されている。

そこで本研究では、トラックドライバー不足を補う有力な選択肢であるモーダルシフト輸送について、荷役分離の視点から一貫パレチゼーションの効率的な導入を提案し、より一層の効率化を考察していく。

## 2 モーダルシフト輸送における改善

トラックドライバー不足への対応として、モーダルシフト輸送は有力な選択肢といえる。特に長距離輸送において、トラックドライバーは4時間の連続運転に対して30分の休憩時間を必ず取らなければならない。また一日の拘束時間にも限度が設けられていることから、日帰り勤務が難しくなる。2024年問題への対応を考えた

場合、近距離輸送を中心として、ドライバーが日帰り勤務で対応できる物流ネットワークの再構築が必要になる。モーダルシフト輸送により中継輸送方式で150・200km以内のトラック輸送圏と鉄道、あるいは船舶による貨物輸送を組み合わせるのである。本研究ではトラック輸送に鉄道輸送を組み合わせたモーダルシフト輸送について考察する。

### 2.1 中継輸送方式との組み合わせ

モーダルシフト輸送の導入により、トラック輸送と鉄道輸送を組み合わせることになるが、図1の示すように、まず、往路では発着地を出発したトラックが中継拠点を経て、貨物駅に到着し、当該貨物駅で鉄道コンテナに貨物を積替え、目的地まで鉄道輸送を行う。また、その反対に帰路では鉄道貨物駅からコンテナ貨物を積み込み、中継拠点を経て、発着地に帰り荷を持ち帰るというスキームとなる。

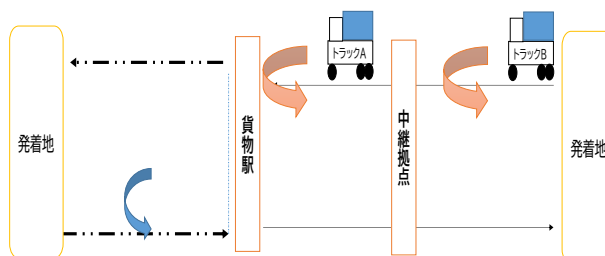


図1 中継輸送方式を併用したモーダルシフト（鉄道）の基本スキーム

### 2.2 貨物駅におけるコンテナ荷役の改善

鉄道貨物輸送では12footコンテナがトラック貨物輸送の5tコンテナと互換性があることから最も多く用いられる。貨物駅構内においては、フォークリフトによりコンテナの積み込み、積み卸しが行われる。また、20foot、40footなどの大

型コンテナについては、スプレッダーによりコンテナは上吊りで積み卸し作業が行われる。

ただし、フォークリフト、スプレッダーの作業には熟練を要し、しかも高齢化が進み、若年層の労働人材不足が指摘されていることから無人フォークリフト（AGF）の導入が必須の状況となっている。その点を踏まえ、日本貨物鉄道では図2のようにスマートターミナル構想を推進し、ガイダンス機能装備のフォークリフトや無人リフターの導入を検討している。

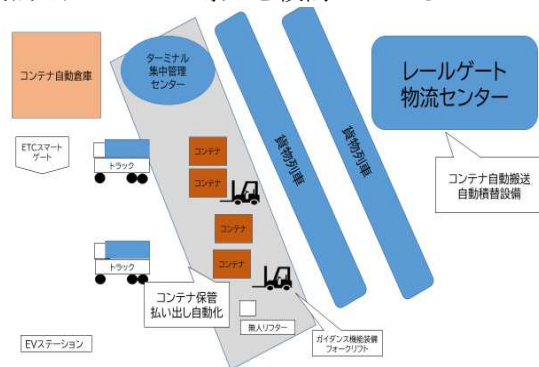
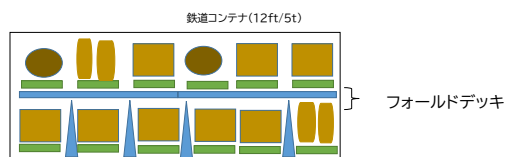


図2 スマートターミナル構想（イメージ）<sup>1)</sup>

## 2.3 パレット及びコンテナ荷役の改善

鉄道貨物コンテナ内の積載率はパレットを搭載すれば落ちることになる。しかしパレットなしのバラ積みでは積み込み作業に時間がかかる。そこでパレットに効率的に貨物を載せるために図3のようにフォールドデッキを活用する。また、12feetコンテナでは小口貨物に対応できないとして、そのハーフサイズである6feetコンテナも活用されるようになってきている。



小口貨物に対応

図3 鉄道コンテナの積載に関する工夫<sup>2)</sup>

## 3 フォークリフト荷役の効率化

鉄道コンテナ内は輸送における衝撃が小さくはなく、貨物特性に応じた荷姿を工夫しなけ

ればならない。コンテナ内における貨物別の梱包について、概観したうえで考察を行う。

### 3.1 住設機器・家電

住設機器とはコンビニエンスストアなどに設けられるショーケースなどを指す。梱包に用いられる複数の段ボール箱が擦れ合うことで外装が傷むリスクがあるため、隙間重点ボードや緩衝用養生材が用いられるが、トラックドライバーが積み込みながら養生を行い、隙間重点ボード、ベニヤ板などを用いて、ラッシングベルトで固定するという時間のかかる作業を行う必要があり、荷役分離を徹底する必要がある。

### 3.2 食品・飲料品

レトルト食品、スナック菓子などは段ボール箱のバラ積みで積載率を可能な限り100%に近付けるように工夫されている。飲料水についてはパレット積みが原則で、ストレッチフィルム巻き養生が施される。ただし、コンテナ内に食品と飲料水が混載されることも多く、その場合、図3のように仕切りに段ボール板が使われることになる。

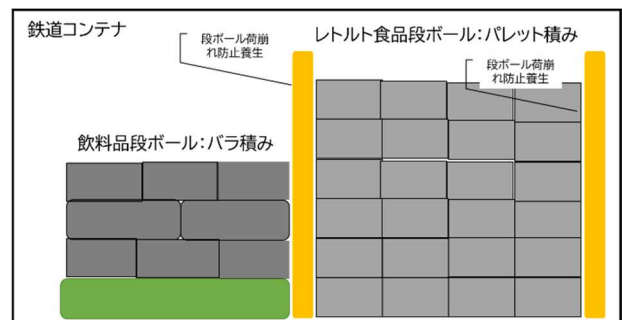


図4 飲料水パレット荷と食品バラ荷の混載<sup>3)</sup>

### 3.3 シートパレットの活用

コンテナ内にパレット荷を重ねると、積載率が落ちることから荷主企業などはバラ荷を主としてきた。しかし先述したように、その負担がトラックドライバーにかかることからバラ荷は回避される方向にある。だが、パレット荷による低積載率も改善されなければならない。そこで注目が集まるのがシートパレットである。シートパレットを用いることにより積載率を低下させることなく、パレット荷役を展開できることになる。

実際、食品などでシートパレットが活用されるケースは少なくなく、コンテナ床面、及び壁面にクラフト紙を重ね、シートパレット上に紙袋

に梱包した品物を積載し、プッシュプルフォークリフトでコンテナに積み込むという荷役が行われている。積み込み後にはシートは回収される。

### 3.4 荷ロックベルトの導入

コンテナ内のパレット荷の養生はストレッチフィルムが中心だが、一部貨物では荷ロックベルトを図5のように用いている。

ストレッチフィルムの場合は1回ごとの使い捨てとなるが荷ロックベルトの場合は繰り返し使えるので廃棄物削減による環境負荷の低減効果が見込める。フォークリフトによるコンテナへの積載時の荷崩れを十分に防ぐことが可能になる。主として飲料水の輸送に用いられる。

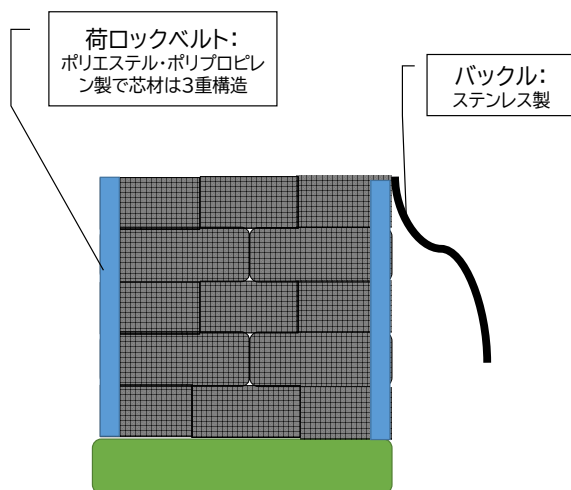


図5 荷ロックベルトの概要

### 3.5 段ボール箱積載のパレット荷の課題

鉄道コンテナ内の段ボール箱をパレット荷にする場合、貨物駅構内で自動巻き機を用いてストレッチフィルムによるラッピングを行う。自動巻き機を用いることでストレッチフィルムの巻き方を統一、標準化することが可能になる。

ただし、図6のようにパレット間の隙間を埋める目的で実務的にはパレットを立てて使う「立てパレ」が行われることがあるが、本来は推奨される使用法ではない。一般にパレットを緩衝材など、本来の用途とは異なる使い方をするのは不慮の事故を誘発するなど、現場作業者に大きな負担がかかるリスクがあることから極力、避けなければならない。

また鉄道コンテナ内の貨物積載手順としては、重量物を下方に、軽量物を上方に集めることが基本となり、強度が弱い段ボール箱には角当

てを施すなどの対応をとるが、強化段ボールを用いることも有力な選択肢である。

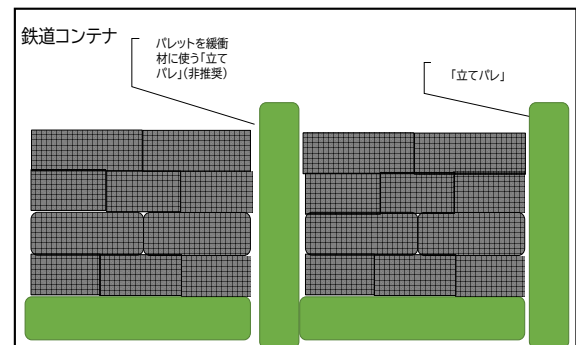


図6 緩衝材としてのパレット活用（非推奨）

## 4 モーダルシフト輸送の効果

### 4.1 定式化

モーダルシフト輸送により実現可能なCO<sub>2</sub>排出量の定式化の全体は以下の通りである。

<目的関数>

CO<sub>2</sub>排出量の最小化

$$\min \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^i (z_{i,j}^k f_{i,j}^k E_{i,j}^k) \quad (1)$$

<制約条件>

車両  $k$  による配送総量は  $q^k$  最大積載量を超えない。

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^i z_{i,j}^k \leq q^k \quad (2)$$

$$k=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

総重量は需要量に一致する。

$$\sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^i z_{i,j}^k = U \quad (4)$$

$$j=1, 2, \dots, n \quad (5)$$

ここで、

$k$  輸送機関

$i, j$  配送先

$M$  保有輸送機関総数  
 $N$  巡回先総数  
 $U$  総需要量  
 $f$  出荷元  $i$  から納入先  $j$  までの輸送距離  
 $E$  CO<sub>2</sub> 排出原単位

である.

輸送機関別 CO<sub>2</sub> 排出原単位については,

鉄道は  $21[\text{g-CO}_2/\text{t}\cdot\text{km}]$ ,

内航船舶は  $38[\text{g-CO}_2/\text{t}\cdot\text{km}]$ ,

営業用普通トラックは  $174[\text{g-CO}_2/\text{t}\cdot\text{km}]$ ,

自家用普通トラックは  $388[\text{g-CO}_2/\text{t}\cdot\text{km}]$

とした.

## 4.2 一貫パレチゼーション事例

モーダルシフトの導入にあたっては,一貫パレチゼーションとの組み合わせが効果的とされている.一例として青果輸送をあげると,図7のようになる.生産農家から青果は農協向け,あるいは共同選果場向けに出荷される.箱付詰めからパレットに積み付けられ,以降は一貫パレチゼーションとして,木製パレット単位での保管を経て,さらにパレット上にシートパレットが積まれる荷姿でトラック輸送され,出発駅でフォークリフト荷役で鉄道コンテナにパレット荷のまま鉄道輸送される.

次いで,到着の鉄道ターミナル駅でパレット単位でトラックの荷台に積み付けられ,最終目的地の青果市場で荷卸しされる.シートパレットを活用することで通常のパレットでは難しい2段積みが可能になり,積載率が大きく向上した.

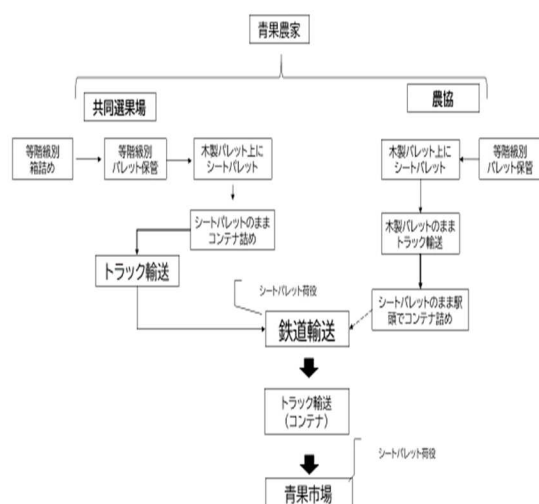


図7 青果輸送の一貫パレチゼーション<sup>4)</sup>

## 4.3 目標値

モーダルシフト輸送(鉄道)の効果について,トラック運送事業者及び荷主企業17社の成功事例について主要KPIの平均削減率をまとめたものが表1である<sup>4)</sup>.トラック輸送に比べて大ロット輸送で安価となるために輸送コストで15.2%,さらに所要時間で42.5%と,コストとリードタイムの削減に大きな効果を見ることができる.なお,CO<sub>2</sub>に関してはトラック輸送から鉄道輸送に切り替えることで91%の削減が可能とされている<sup>5)</sup>.また,ドライバーの延べ人数(72.9%)や労働時間(76.0%),車両走行距離(90.3%)についても大幅な削減となっている.

表1 平均削減率(モーダルシフト輸送)

| KPI           | 平均削減率(%) |
|---------------|----------|
| 輸送コスト         | 15.2     |
| 所要時間          | 42.5     |
| ドライバー延べ人数     | 72.9     |
| ドライバー延べ人数労働時間 | 76.0     |
| 車両走行距離        | 90.3     |

## 4 結び

本研究では,モーダルシフト輸送による一貫パレチゼーションについて,全体像とパレットとフォークリフト荷役の連動に関わる現状を検証した.鉄道輸送におけるコンテナ内の衝撃を荷姿の工夫で緩和し,荷役分離を徹底していくことで一貫パレチゼーションの効率化が今後さらに進むことが考えられる.

## 参考文献・URL

- 1) 日本貨物鉄道,2022年度事業計画(概要),p.7,2022年
- 2) 日本通運,ニュースリリース,2020年7月6日,<https://www.nipponexpress-holdings.com/ja/press/2020/20200706-1.html>(2022年10月11日確認)
- 3) 公益社団法人鉄道貨物協会品質向上委員会,荷擦れ・荷崩れ防止対策養生事例集,2018年
- 4) 物流研究会,モーダルシフト推進の手引き,大成出版社,1995年
- 5) 国土交通省,モーダルシフト等推進事業[https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/ms\\_subsidy.html](https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/ms_subsidy.html)(2022年10月11日確認)