

【奨励賞】

鉄道が再び貨物輸送の主役となるには
～インターモーダル輸送において鉄道貨物輸送が果たすべき役割～

東京都立三鷹中等教育学校 六年

古塩 朋己 様

1, はじめに

1-1, 研究動機と目的

かつて日本国内の貨物輸送は、その多くを鉄道輸送が担っていた。しかし、図1に示すように国内の全貨物輸送に於ける鉄道輸送の分担率は昭和30年代頃をピークに減少しており、現在では重量ベースで約1%、トンキロベースで約5%となっている。この分担率は図2にあるように海外各国と比較しても低水準である。

近年では、環境性能の良さなどから欧米を中心に鉄道輸送を見直す動きがあり、自動車輸送から鉄道輸送へ転換するモーダルシフトや、その発展形態として多様な輸送手段を適切に使い分ける、フィジカルインターネットといった輸送形態の実現も始まっている。日本に於いても、この傾向はみられるようになった一方で、海外諸国と比較すると、その動きもまた非活発である。

しかし、日本のような比較的狭小な島国の場合については特に該当することであるが、短距離輸送の場合などには、必ずしも常に鉄道輸送を用いることが良いとも言えない。そこで日本では、国土交通省が資料16)などで言及している、「インターモーダル輸送」の拡大が叫ばれている。

私はこの現状を書籍から知り、状況を少しでも改善するため、本研究を開始した。

以上の経緯から本研究の目的は、「現代日本のインターモーダル輸送に適応した、新しい、鉄道貨物輸送の実現に向けた提言」を行うこととした。

1-2, 研究手法

以上の目的を達するため、本研究では、研究段階を以下の3段階に分けて研究を行った。

- 1) 他の輸送手段に対する鉄道輸送の長所及び短所の調査
- 2) 鉄道へのモーダルシフトが進まない原因の調査
- 3) 新たなインターモーダル輸送とその実現に向けた鉄道貨物輸送形態の提言

1) 及び 2) に関しては、文献調査のほか、2023年2月17日に日本貨物鉄道（以下 JR 貨物とする）隅田川駅の見学を行い、同駅の職員の方や、実際に鉄道貨物を利用している企業の方々からお話を伺うことによって調査を行った。これらの結果をもとに、3) の提言

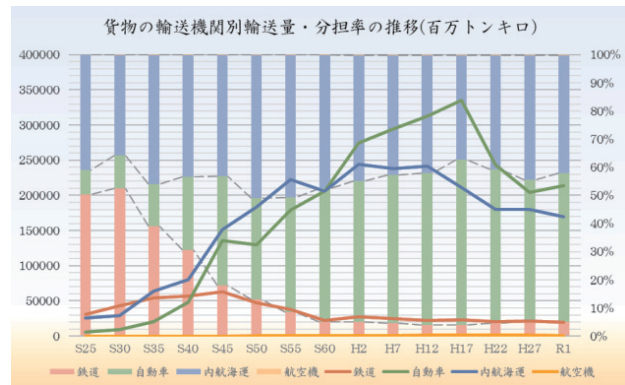


図1 日本国内の輸送機関別貨物輸送量と分担率の推移
参考文献 18) より作成

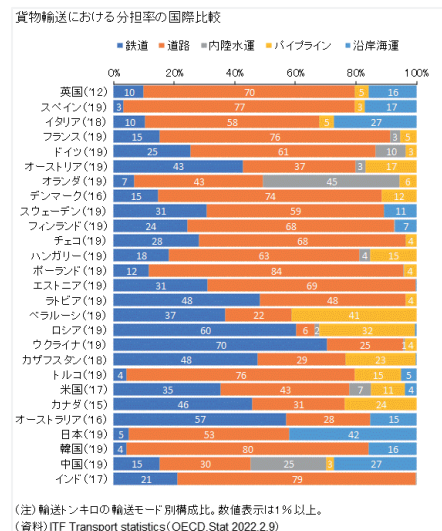


図2 世界各國の貨物輸送量分担率
参考文献 15) より引用

を作成した。

なお、研究の実施にあたっては、学校での総合的な探究の時間の授業のほか、東京大学先端科学技術研究センターによる「先端研ユースアカデミー2022」のプログラムに参加した。

1-3, 用語及び条件の定義

以下の本文中に於いて、特記なき場合は以下の条件のもと論文を記述する。

- ・日本国内での貨物輸送・施策について言及するものとする。
- ・輸送手段は自動車・船舶・鉄道・航空機の4種に限定する。

また、以下の用語については、特記なき限り次のように定義を限定する。

『モーダルシフト』…

自動車輸送から鉄道・船舶・航空機輸送への転換

『インターモーダル輸送』…

自動車を含む、各種の貨物輸送の長所を効果的に組み合わせで行う輸送

『リードタイム』…

出荷から納品までの「輸送リードタイム」とよばれる時間

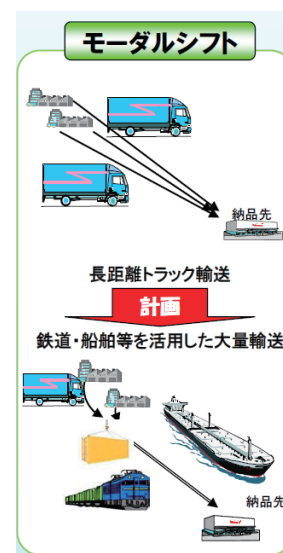


図3 モーダルシフトイメージ図
参考文献 16) より引用

2, 日本の鉄道貨物輸送の現状と課題

2-1, 鉄道貨物輸送の長所

鉄道貨物輸送の長所として以下の4点が挙げられる。

2-1-1, 二酸化炭素排出量などの環境性能が良い

鉄道輸送では図4に示すように、輸送量（トンキロ）当たりの二酸化炭素排出量が小さく、特に、自動車との差は大きい。この要因として主に2つの要素が挙げられる。

一つ目は、鉄と鉄の間の摩擦がアスファルト舗装とゴムタイヤのものに比較して小さいため、より小さなエネルギーで輸送が可能なことにある。参考値ではあるが、両者の転がり時の摩擦係数は0.52および0.80である。

二つ目は、自動車に比較して鉄道では動力方式に依らず、大規模にエネルギー変換を行うため、変換効率を上げられるためである。

以上のエネルギー変換効率が高いという特徴は、二酸化炭素排出量に限らず、環境性能に優れているということを示す。

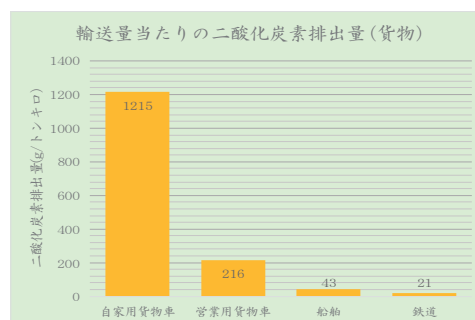


図4 輸送機関別輸送量あたりの二酸化炭素排出量
参考文献 3) より引用

2-1-2, 定時性が高い

隅田川駅見学の際に伺った内容によると、2022年度のJR貨物の定時運行率は、92%にのぼる。線路上に於いては道路と異なり、渋滞が起こることはなく、事故などのリスクも非常に低いといえる。さらに船舶や航空機と比べると天候の乱れにも強く、これらの要因から、予定した時刻に正確に到着することを見込みやすい。

これは単純なリードタイムの短縮のみならず、自動車輸送では荷受人地のそばで多く見られる「時間調整」をも削減することができるという点で長所といえる。

2-1-3, 運転者一人当たりの輸送量が大きい

貨物列車では一度に大量の貨物を輸送することが可能であり、その分の運転者人数を削減できる。一例として、JR貨物で主力となっているコキ100系列の貨車には、大型トラックとして一般的な10tトラックとほぼ同体積のコンテナ（31ftコンテナ）を2つ積載することができる。この貨車が最大で26両連結して列車を成すことから、体積ベース計算すると10tトラック約52台分の輸送が可能であり、その分、輸送に必要な運転者の人数を減らすことができる。もちろん、鉄道輸送では定期的に運転手は交代するが、最長距離を運転する列車に於いても6人で行うことなどから、削減効果は大きい。また、貨物駅の管理などに必要な人員も存在するが、その駅を発着する全列車での分割を考えると、その影響は大きくない。

いわゆる「2024年問題」をはじめとした人手不足関連の課題が山積する物流業では、必要人員を削減することができるのは長所といえるだろう。



図5 コンテナ車1両(31ft コンテナ2つ積載)

2-1-4, 自動車輸送に対して長尺物・重量物も比較的簡単に輸送できる

鉄道では鉄のレールの上を鉄の車輪で走行することから、道路よりも大重量のものを支えることに向いている。先述のコキ100系列は、内容量5tのコンテナを貨車1両あたり5個積載することができるから、前項での試算を、重量ベースで同様に適用すると、合計650t分の貨物を輸送できることになる。これはすなわち、10tトラック65台分に相当する輸送量であり、体積ベースで計算した52台よりも多い。このことから、鉄道輸送は自動車輸送よりも比重の大きい貨物の輸送に向いていることが推察できる。

また、道路上には局所的に重量制限のある橋梁や狭小区間などもある一方で、鉄道では車両限界も統一して定められており、重量や大きさでの規格がはっきりしているため、長尺物・重量物の輸送に向いているとされる。このことから、超大型変圧器や鉄道用ロングレールなどの特大貨物は、船舶輸送の継走として鉄道が用いられる。

2-2, 鉄道貨物輸送の短所

鉄道貨物輸送の短所として以下の4点が挙げられる。

2-2-1, 線路のないところへは鉄道単独で運ぶことができない

概要は文字通りである。すなわち、鉄道輸送が行えるのは線路上だけであり、線路から離れた個所にある目的地へは自動車をはじめとした他の輸送手段に頼らなければならないということだ。このため、「結局自動車へ積み替えるならば、最初から自動車輸送を行おう」と考える利用者も存在する。さらに、貨物駅での荷役作業は、機材・人員・リードタイムの全ての点で損失となってしまうことから、短所として挙げられるだろう。

加えて、かつては日本全国に貨物列車のネットワークが存在し、さらに各駅からその周囲の工場などへ専用線とよばれる線路が伸びていたが、この大部分は失われている。このため、鉄道貨物輸送の縮小が短所の助長につながり、故にまた規模縮小が行われるという循環に陥っているといえる。

2-2-2, 小ロット輸送に不適である

長所 2-1-4, で挙げた内容と反対に、現在、日本の鉄道貨物輸送でよく用いられるコンテナ（19D形式或いは20D形式）は、内容積約19立方メートルであり、物流に関係のない一般の人が利用するには、かなり大きいサイズとなる。勿論、こういった小口輸送も宅配便などを通して鉄道で行われているわけであるが、かつて鉄道で行われていた混載貨物輸送や手荷物輸送のように、鉄道事業者が直接取り扱うことは無い。この需要がどれほどあるかは不透明である一方で、現状では全く取り扱えていないことを鑑みると、短所として挙げられる。



図6 19D形式コンテナ

2-2-3, 災害に弱い

近年では自然災害によって鉄道路線が運休となったり、大幅に遅延したりすることが多くなっている。例えば、2018年に発生した「平成30年7月豪雨」では、図7に示すように鉄道の路盤が流出した箇所もあり、復旧には約半年を要した。この間、被害区間となった山陽本線は運行ができず、山陰本線などを介した迂回輸送が行われた。



図7 平成30年7月豪雨による山陽本線の被害
参考文献17)より引用

他の例として、本稿執筆時点（2023年8月20日）において、JR 貨物ホームページに存在する2023年度のニュースリリースから把握できる件だけでも、次の5事例

が確認される。

- ・ 6月30日頃の大雨による山陽本線運休
- ・ 7月 8日頃の大雨による山陽本線運休
- ・ 7月12日頃の大雨による北陸地区の各路線運休
- ・ 7月15日頃の大雨による秋田地区の各路線運休
- ・ 8月 3日頃の大雨による石北線運休

隅田川駅見学の際に、鉄道貨物利用企業の方々は、「こういった遅延や運休が続くようでは、鉄道輸送に安心して任せられない」と話しており、これが一番の足枷であるとのことであった。

先述の平成30年7月豪雨の迂回輸送に於いては、かつて同区間を走行したものと同型の機関車や当時の乗務員が残っていたために、迂回輸送が可能であったが、同型の機関車はその後5年間で廃車され、今後の迂回輸送は厳しくなってしまった。

2-2-4, 非常時に必要以上に遅延する

前項の内容とも関連があるが、急な大雨などの自然災害時や人身事故などの突発的事象の際に、貨物列車は旅客列車よりも復旧の優先順位を下げられることがある。このために、遅延の影響を強く受け、必要以上に延着することになる。

また、旅客列車と比較して長距離を走行するためにこういった事象に遭遇しやすいことや、動力集中式であることから加速力や減速力に劣ることなどという、貨物列車特有の事情もあり、遅れが拡大してしまう。

大幅な遅れの例として、図8はJR貨物ホームページの『現在の輸送状況』からの引用であるが、ここでの4060列車は4時間34分の遅れと表記されており、一般的な旅客列車などと比較すると大きな遅れといえる。

輸 送 区		
<東北・山陽線 上り> 11日発4060列車(札幌タ→宇都宮タ)	終 着	+1時間24分予定
<日本海縦貫線 下り> 11日発4061～4062列車(新青森タ→札幌タ)	終 着	+2時間20分予定
<日本海縦貫線 上り> 11日発4060列車(札幌タ→大館タ)	着 止	+4時間34分遅延
<高崎・上越線 上り> 11日発2088列車(越前田→東京タ)	終 着	+1時間20分予定

図8 長時間の遅延の例
参考文献 13) より 2023/03/12 正午頃に取得

隅田川駅見学で話を伺った際も、「これほど遅れてしまうと、『92%の定時運行』と言ってもリスクが大きい」といった意見が聞かれた。

2-3, 鉄道へのモーダルシフトが進まない要因

以上に挙げた鉄道貨物輸送の長所や短所とさらなる調査をもとにすると、鉄道へのモーダルシフトが進まない要因として次の4点が挙げられる。

2-3-1, コンテナや貨車の規格上の諸問題の存在

コンテナや貨車などの設備が長所を生かし、短所を補うものとなりきっていないというものである。具体的には以下の点である。

- ・最小輸送規格が大きすぎる
- ・コンテナの緊締装置が2種類ある
- ・線路上しか移動できない
- ・貨車の加減速力が小さい
- ・貨車単独では走行できない

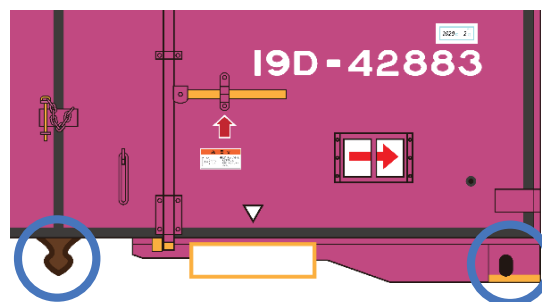


図9 19D形式コンテナ下部緊締装置

特に下の2つに関しては、動力集中方式ゆえの課題である。

また、2番目の緊締装置とは、コンテナを貨車に固定する装置のことであり、歴史的な経緯から、国鉄の主導で開発されたタイプ（図9左側丸囲み）と国際的な標準規格（図9右側丸囲み）の2種類が混在する。

2-3-2, 単独での輸送がほぼ不可能であり、積み替え（荷役作業）が必須

短所2-2-1, で挙げたものとはほぼ一致するが、貨物列車が線路のないところを走行することができず、加えてその区間への継走にあたって荷役作業が必要になるというものである。

かつて、この荷役作業を短縮あるいは省略するために、ピギーバック輸送（トラックごと貨車を用いて輸送する方式）やDMT（トレーラーのヘッド部分を切り離し、道路用タイヤを格納して鉄道貨車とする方式）などの研究が行われたが、いずれも現存しない。このため、2-2-1, でも示したように、特に重要となる自動車との継走の手間から、もとより自動車を利用する例が多くなっている。

2-3-3, 非常時の対応力不足

これは主に災害時に於いて、迂回運転や迅速な回復運転が行われにくいというものである。迂回運転については、2-2-3, で記述した通り、平成30年7月豪雨にて実施例があるが、以降鉄道をを用いた大規模迂回輸送の例はない。JR貨物では、この分を船舶や自動車に積み替えて代行輸送としているが、これは、2-3-1, などに照らしても、鉄道による迂回が望ましいことは言うまでもない。この対応への設備や法制度そして前例がないことは、実際に対応力を低下させていないだろうか。

また、日本の鉄道全体が抱える問題として、同豪雨で線路路盤が流出したように、レール周りの単純な弱さも挙げられる。地球環境の変化によって大規模災害、とりわけ豪雨災害は今後も増えることが予想される中、こうした路盤などの単純な強度不足も非常時の対応力を落としているといえる。

2-3-4, 利用者側の「定時性への期待」が高い

隅田川駅見学を通してよく聞かれたのは、「鉄道輸送は不意に遅れる可能性が高いから安易に手を出せない」という趣旨の話である。当然時間を守るということは、社会生活で最も大事なことの一つであり、本研究でも長所として取り上げているように、利用者はこれを信じ、運用者は遅延発生の可能性を少しでも低下させることが第一段階である。一方で、先述のような自然災害によって鉄道以外の輸送モードであっても足止めを受けることが多い昨今に於いて、「何としてでも時間を厳守する」という今までの常識が通用しなくなっているのではないか。

2-3-5, 大規模輸送が少なくなっている

2-1-4, にて大規模輸送が鉄道の長所の一つであることが分かったが、石油類を除くこれらの輸送が減少していることが挙げられる。歴史的に鉄道を用いて大量輸送されてきた物資としては石油・石炭・石灰石などが挙げられる。石炭は令和2年度をもって国内での輸送が終了してしまったが、残る2種に関しては現在も多くの輸送が残る。一方で、輸送量減少を理由に廃止される列車も少なくなく、大規模輸送という強みを生かしくなくなっている。

3, 新たなインターモーダル輸送とその実現に向けた鉄道貨物輸送形態の提言

3-1, 円滑な鉄道輸送に向けた法整備・枠組み作り

円滑な鉄道貨物輸送に向けた制度作りの内容として、私は以下の3件を提言する。

3-1-1, 踏切新設について

3-3, にて後述する踏切設置に関して、既存法の改正あるいは解釈変更により、貨物専用の低速・低運転頻度の路線では踏切新設を容認するものとするというものである。

これは、専用線などの連絡先となる工場などでの工事や完成後の扱いの簡易化を図るためである。

3-1-2, 迂回輸送について

平成30年7月豪雨で迂回輸送を行った際には本来JR貨物が運行することになっていない区間を貨物列車が走行した。このため準備に多くの時間や労力が費やされた。

今後も同様の災害が頻発することが予想される中、より迅速に迂回輸送を可能にする制度が必要なのではないか。該当迂回区間の線路保有会社などと連携し、災害後一日程度で迂回輸送が可能になれば、大量輸送などの鉄道の強みを残したまま、輸送を続けることができるだろう。

3-1-3, 納期についての基準

2-3-4, で示した時間についての意識を統一するために、遅延事由と遅延幅などに基づ

いた補償の内容、あり方などについて、ガイドラインなどを定めることにより、万が一の遅延の場合にもどのような対応がとられるのかを明確にすることができ、利用者側の危惧を低減することができるのではないかと。

3-2, 梱包容器の規格化

コンテナの規格という観点から、梱包容器の規格化と緊締装置の統一について提言する。

まず、梱包容器の規格化についてである。これは、図10のように、従来は様々なサイズの存在した段ボール等の梱包容器を、一定の大きさに規格化するというものである。

これにより、積載効率の向上や、混載輸送による小ロット輸送の実現が見込める。

この規格を自動車や航空機など他の輸送モードにも転用することができれば、モノをパケットとして輸送する「フィジカルインターネット」の概念を具現化するものとなる。これは本研究の目標にある、鉄道を含むインターモーダル輸送そのものであり、世界的にも注目されているシステムである。

また、規格化によってパレットを用いた荷役作業が今よりも容易になるほか、コンテナへの積み下ろしの機械化や自動化がより簡単に行えることが見込まれる。これは、形状のパターンが有限であるために、機械への対応もより簡素になるためであり、後述するドローン輸送などにあたって、優位であると見込まれる。

そして、緊締装置の統一については、2-3-1, で述べたように、緊締装置が2種類あることから、これを統一するものである。図9右側の国際規格は、国鉄式を採用しているコンテナでも多く取り付けられており、転用が比較的簡単である。貨車の改修などを含めるとすぐには実現できないかもしれないが、これも荷役作業の効率化に繋がると見込まれる。

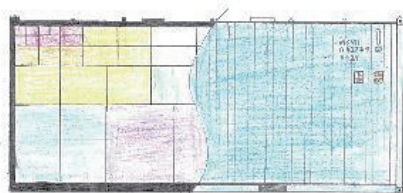
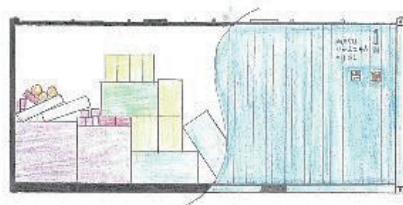


図10 梱包容器の規格化

3-3, 専用線や連絡線の復活や新設

鉄道貨物の利便性向上にあたって、2-3-2, にあるように路線網の拡充は非常に大切になる。このための一案として、失われた専用線や、鉄道会社間または路線間の連絡線の復活や新設を提言する。

これによって日本全国が線路でつながれば、「線路の上だけ」で移動可能な範囲が大きく広がることになる。

一方で、廃止路線を復活させようという動きがある際によく指摘される点として、「現在は踏切の新設が原則許されていない」というものがある。これは、鉄道に関する技術上の基準を定める省令及び道路法に規定されている。

しかし、資料 21)などを参考にすると、踏切設置が認められうる要件として、

- ・最高速度が時速 160 キロメートル以下であること
- ・鉄道か道路の交通量が少ない、或いは地形などの要因から立体交差化が真に困難なことが挙げられる。したがって、数件の工場への貨物列車専用線程度であれば、踏切設置が認められる可能性があり、実現可能である。

3-4, 補助動力貨車の作製

貨物列車に於いて、加減速力の向上は 2-2-4, などから有用であることが分かる。そこでここでは、貨車に補助動力装置を設置することを提言する。

現在の日本の貨物列車のほとんど全ては先頭の機関車 1 両から数両で後続の貨車全てをけん引する「動力集中方式」を採っている。これは、編成替えなどの多い貨物列車には有利である一方で、対照的な方式である「動力分散方式」に対して、加減速の応答性で劣ることが多い。なぜなら、特に加速時に於いて、機関車にしか力が働かないためである。

そこで、両方式の利点を活用するため、貨車に補助動力装置を設置することで、分割併合時の利点を保ったまま、事実上の動力分散方式とすることができるのではないか。これを実現すれば、非常時の対応力向上に加えて、平時のダイヤ向上も見込める。

また、貨車に動力がついていることにより、貨物駅構内での列車入れ替え時などにも、従来の入れ替え用機関車を利用することなく、貨車のみで入れ替えが可能になることから、入れ替えを含む荷役作業の高速化・効率化も見込める。

さらに、この動力部を JR 貨物の M250 系のような形態とすることで、後述するドローン輸送時に必要になるであろう、比較的短編成の貨物列車の組成も可能になる。

3-5, 鉄道駅を拠点としたドローン輸送の実現

従来の鉄道貨物輸送では、貨物駅に到着したあと、自動車への載せ替えを行い、その自動車から運転者などが宛先へ届けていた。しかしこれでは鉄道貨物輸送の強みを生かしているとは言えない。そこで最後に、鉄道駅を拠点とした新たなインターモーダル輸送の形態を提言したい。

この輸送では、ラストワンマイル輸送にドローン輸送を活用する。鉄道駅に配置されたドローンを用いて、駅で切り離された貨車からドローンが自動的に目的地へ配送するという小口輸送向けのシステムである。ドローン輸送は近年注目を浴びている一方で、基地の設置位置などの問題が生じている。この方式では、それを鉄道駅と兼用することで問題を解決している。

この実現にあたって、先述したような、規格化された梱包容器や動力付き貨車が存在すれば、最寄りの貨物駅から短編成列車を走らせたうえで途中駅から素早くドローン輸送を行うことができるようになり、より効果的になる。

このシステムの対象は、現在もドローン輸送の実験がなされているような比較的山奥な

どの集落を想定している。こういったエリアでは比較的、駅で鉄道貨物を扱っていた時代の側線などが残されている場合が多く、こうした設備を改修して使用すれば、初期投資も少なく、近未来的な、そして鉄道が主軸たるインターモーダル輸送が実現できるだろう。

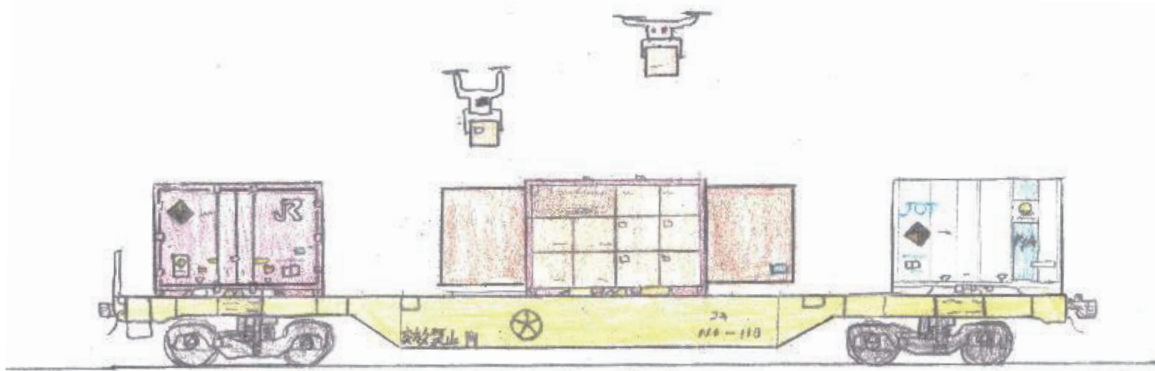


図 1 1 ドローン輸送イメージ図

4, むすびに

4-1, 結論

以上に述べてきたように、鉄道貨物輸送には、環境性能の良さや大量輸送に向いているといった長所がある一方で、線路のないところまでは運ぶことができなかったり、災害に弱かったりといった短所があり、その結果長所であったはずの定時性などに悪影響が出て、一部の信用を失っていることが分かった。

そこで、信頼回復のための設備の準備だけでなく、信頼回復そのものも必要であると推察された。奇しくも、環境親和性や労働力の点で現在の鉄道貨物輸送は今までにない脚光を浴びている。この絶好の機会に、

- ・円滑な鉄道輸送に向けた法整備・枠組み作り
- ・梱包容器の規格化
- ・専用線や連絡線の復活や新設
- ・補助動力貨車の作成
- ・鉄道駅を拠点としたドローン輸送の実現

の、5つを軸とする施策を行うことによって、鉄道貨物輸送への信頼を強固なものとし、再び日本の貨物輸送の主役になる日が来ることを期待したい。

4-2, 研究の今後

本研究では、鉄道貨物輸送の発展に向けて数多くの提言を作成したが、この提言の実効性や有用性についてはまだしっかりと検証されていない。そこで、今後の研究では、今回の提言について、費用対効果などの面から、厳密な検証と改正を行っていきたい。

また、規格化容器とパレットの両立による荷役の自動化の研究、動力貨車の技術的仕様（動力・制御方式）や貨物列車編成内でのバランスの研究、ドローンシステムでの自動荷役や自律飛行のシステムといった検討事項に関する研究なども行っていきたい。

4-3, 謝辞

本研究の実行にあたって、多大なるご指導をいただいた東京大学先端科学技術研究センターの井村直人特任研究員及び同センターの皆さま、学校でのメンターである能城茂雄先生、隅田川駅見学の際に各種の説明をしてくださった JR 貨物及び荷主企業の方々、「先端研ユースアカデミー2022」において助言をくださった高校生研究員の方々へ、この場を借りて厚く御礼申し上げたい。

5. 参考文献

- 1) 国土交通省(令和3年) 『総合物流施策大綱 2021-2025』
https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_tkl_000179.html (2022/10/10 閲覧)
- 2) 総務省(2020年) 『労働力調査』 <https://www.stat.go.jp/data/roudou/index.html> (2022/11/13 閲覧)
- 3) 国土交通省(令和4年) 『運輸部門における二酸化炭素排出量』
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html (2022/11/13 閲覧)
- 4) 野村宏(1994年) 『日本における鉄道貨物輸送とトラック輸送の競争』
https://narapu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=163&item_no=1&attribute_id=21&file_no=1 (2022/12/10 閲覧)
- 5) 瀬山正(2022年) 『2022 貨物時刻表』 鉄道貨物協会
- 6) 梅原淳(2019年) 『JR 貨物の魅力を探る本』 河出出版
- 7) 横山裕司(令和3年) 『新しい貨物列車の世界』 交通新聞社
- 8) 国土交通省(令和4年) 『持続可能な物流の実現に向けた検討会 議論すべき論点』
https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/seisakutokatsu_freight_mnl_000023.html (2022/10/10 閲覧)
- 9) 経済産業省(令和4年) 『トラック運送業界の2024年問題について』
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/sustainable_logistics/pdf/002_03_00.pdf (2023/03/07 閲覧)
- 10) 経済産業省・国土交通省・農林水産省(2022年) 『我が国の物流を取り巻く現状と取組状況』
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/sustainable_logistics/pdf/001_02_00.pdf (2023/03/07 閲覧)
- 11) DUNLOP 『摩擦係数 (μ : ミュー)』
<https://tyre.dunlop.co.jp/tyre/products/dictionary/mu.html> (2023/03/07 閲覧)
- 12) MONO WEB 『摩擦力と摩擦係数』 <https://d-engineer.com/Mechanics/masatu.html>

(2023/03/07 閲覧)

13) JR 貨物 『現在の輸送状況』https://www.jrfreight.co.jp/i_daiya (2023/03/12 閲覧)

14) DIAMOND Chain Store online 『フィジカルインターネット』

<https://diamond-rm.net/glossary/74974/> (2023/03/13 閲覧)

15) 社会実情データ図録 『貨物輸送における分担率の国際比較』

<https://honkawa2.sakura.ne.jp/6410.html> (2023/3/14 閲覧)

16) 国土交通省 『物流総合効率化法概要』

<https://www.mlit.go.jp/common/001262187.pdf> (2023/3/14 閲覧)

17) JR 西日本 『西日本豪雨 各地の被災直後の状況』

https://www.westjr.co.jp/info/gouu_2018/ (2023/3/14 閲覧)

18) 国土交通省 『貨物の輸送機関別輸送量・分担率の推移』

<https://www.mlit.go.jp/statistics/details/content/001424480.pdf> (2022/2/2 閲覧)

19) 柏心社(平成5年) 『93' 貨物時刻表』 鉄道貨物協会

20) 吉岡心平・植松昌(2023年) 『増補版 よみがえる貨物列車』 学研出版

21) 国土交通省 『鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準』

<https://www.mlit.go.jp/common/001398980.pdf> (2023/8/20 閲覧)

※特記なき写真や図表は著者の撮影・作成した資料である。