

長距離貨物輸送の物流労働生産性指標の提案と生産性向上に向けた考察 Labor Productivity Index of Long-distance Intermodal Freight Transportation

加藤博敏 (一般財団法人運輸総合研究所) 相浦宣徳 (北海商科大学) 根本敏則 (一橋大学)

Hirotohi KATO (Japan Transport Research Institute)

Nobunori AIURA (Hokkai School of Commerce), Toshinori NEMOTO (Hitotsubashi Univ.)

要旨

大型車ドライバーを始めとして顕在化する労働力不足や高齢化などの労働力問題に対して、人手確保や生産性向上などの検討・対策が各方面で始まっている。しかし、長距離輸送は、複数の輸送機関の組合せで行われる場合が多いにもかかわらず、横断的な実態把握の方法は未確立な状態にあり、輸送機関横断的な労働資源配分のあり方などの検討には至っていない。本稿では、長距離輸送の発着地間を対象として、複合一貫輸送も含めた貨物輸送の労働生産性を計測できる物流労働生産性指標 *LPI* を提案する。また、指標の特徴を事例分析するとともに、明らかにした長距離輸送の生産性向上のための着目点から、今後の施策展開について考察を行った。

Abstract

In the logistics industry, shortage and aging of workers has become a serious problem. It is necessary to show how to sustain the long-distance intermodal freight transportation systems. In this study, we propose "*LPI*" (Labor Productivity Index) that shows the activities of workers involved in the long-distance intermodal freight transportation. By physical labor productivity, we have formulated the productivity of the intermodal transport. In addition, case studies were carried out in order to evaluate policy measures with the index.

1. はじめに

国民生活や経済活動の維持・発展を将来に亘って継続していくためには、これら活動を支える国内物流サービスの質・量の確保が不可欠である。

ところが、物流分野では、輸送量の9割(重量ベース)を担うトラックドライバーを始めとした労働力不足や高齢化が顕在化している。

このため、官民で労働力確保や生産性向上の取り組みが進められるとともに、長距離貨物輸送においては、鉄道や海運を利用した複合一貫輸送が改めて見直されている。

しかし、長距離の複合一貫輸送の具体的な実態すら、5年毎に実施される物流センサスなどでしか把握できない。これら背景もあり、労働力不足にも拘わらず、輸送ルート毎の労働生産性等に応じた輸送機関横断的な労働資源の配分のあり方などの検討には至っていない。

そこで、本稿では、限られた労働力を最大限に活かした長距離貨物輸送サービスの質・量の確保のための実態把握や施策検討のため、

- ・ 労働生産性に注目した輸送実態の把握

- ・ 複数の輸送工程を組み合わせる複合一貫輸送も含めて、発地から着地までの輸送ルート全体を捉えた把握
- ・ 異なる輸送機関を用いた複数の輸送ルートの比較

が可能な指標を、物流労働生産性指標として提案する。

更に、ケーススタディにより、提案する指標の特徴を分析するとともに、今後の長距離輸送サービスの質・量の維持・向上のための施策展開について考察を行う。

なお、少ないデータ(各輸送機関の輸送能力や運行距離等)を入手することで、提案する指標が利用できるよう、現地観測などに基き整理・設定した計算条件(各工程に従事する人数・時間等)を末尾附表に掲載する。

2. 物流労働生産性指標の提案

2.1 既往研究

輸送機関の生産性については、鉄道輸送の生産性測定(全要素生産性TFPなど)に関するOumら⁽¹⁾の研究がある。TFPは、現在、全

産出量の伸びから、労働・資本投入の寄与分を除いたものと捉えることが一般的である。しかし、財務データなどから算出されるため、労働生産性の変動要因の把握・分析に向かない。

一方、複合一貫輸送を検討対象に含む輸送経路比較に関しては、尹ら⁽²⁾が時間やコストを、松尾ら⁽³⁾が各機関の距離などを説明変数とした数理モデルを構築し、それぞれ、荷主の輸送経路の選択要因や、利用可能性の高いフェリー航路を示している。これら研究は、荷主の過去の経路選択行動に照らした分析であり、労働力活用の施策検討には向かない。

2. 2 物流労働生産性指標の設定の考え方

本稿では、鉄道や海運を利用した複合一貫輸送など、各輸送ルートの貨物輸送に投入される労働力の実態調査に基づき、生産性の実態把握や分析、施策検討が可能な指標として、新たに労働生産性に着目して指標を提案する。

一般的に、労働生産性は、労働の投入量に対する産出量の比として表される(式1)。

$$\text{労働生産性} = \frac{\text{産出量(生産量、付加価値など)}}{\text{労働投入量(労働者数、労働者数×労働時間)}} \dots (1)$$

労働生産性には、「産出量」を「生産量」で示す「物的労働生産性」と、「価値」で示す「価値労働生産性」がある。一般的には、後者の「価値」で捉えた「付加価値労働生産性」を以て、「生産性」「労働生産性」と称して利用されることが多い。

具体的には、以下の2点を満たす指標を提案する。

(1) 産出量を生産量で捉える指標

物流の現場では、労働力不足に加えて、業種間での賃金格差が存在している。また、荷役作業の4割は対価の支払いを受けておらず、トラックドライバーの46%が、1日の拘束時間のうち13%に及ぶ手待ちをしている現状にある⁽⁴⁾。

そこで、これら賃金相場や費用収受の改善で労働の「価値」が変化しても、継続的に、

「生産量」が計測できる「物的労働生産性」の指標とする。

(2) 発地から着地までの全体を捉える指標

複合一貫輸送は、鉄道、船舶、自動車などの複数の輸送機関を組み合わせて行われる。

このため、検討対象の発地から着地までの個々の輸送機関の特徴を取り込んで、複合一貫輸送ルート全体が捉えられる指標とする。

また、各地からの複数の輸送ルートの比較検討などが行えるような指標とする。

2. 3 物流労働生産性指標 LPI の提案

前節(1)の考え方により、「労働の投入量」としての従事時間に対して、物流の代表的指標の輸送トンキロを「産出量」と捉え、その発地から着地まで輸送全体に亘る労働生産性を定量化する「物流労働生産性指標 LPI」(Labor Productivity Index)を式(2)のとおり提案する。

次章以降のケーススタディは、図1に示す輸送工程からなる長距離輸送を対象に行う。

$$LPI = \frac{w \times \sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n (t_i \times m_{wi})} \dots (2)$$

- i : 各発地の積込から着地の荷卸までの各輸送工程
- w : 各当該輸送ルートにおける輸送ロットに応じた単位輸送貨物量(重量 t_w)
- d_i : 各輸送工程の輸送距離(km)
- t_i : 各輸送工程で、直接的に人が当該輸送に従事する時間(時間)
- m_{wi} : 各輸送工程で、直接的に当該輸送に従事する、単位輸送貨物量(w)あたりの従事者人数(人)

本稿のケーススタディでは、図1のS1からS8までの8工程(但し、北海道発以外のトラック輸送ルートは*i*=S3~S6を除く4工程)を対象とし、この内、一部工程は、末尾附表にある複数の小工程から構成する。なお、計算対象は、輸送業務に直接従事する作業のみとし、従事者の点検・点呼、間接的従事者の業務などは含めない。

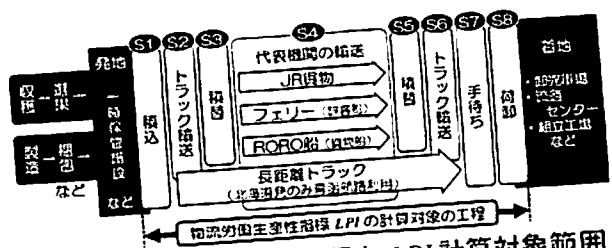


図1 複合一貫輸送の工程と LPI 計算対象範囲

3. 玉葱の長距離輸送を計算条件とした LPI の算出と特徴の分析

北海道産、九州産の野菜の例として玉葱輸送に注目し、収集した情報に基づき、LPI の算出と、ここから得られる情報の分析を行う。

因みに、国産野菜の年間出荷量の4割以上⁽⁵⁾は両地域で生産され、東京中央卸売市場の年間取扱量でも2割以上⁽⁶⁾を占めている。

3.1 北海道・九州発の東京・大阪向け輸送による LPI 算出のケーススタディ

(1) ケーススタディを行うモデルケース

ここでは、北海道（全国出荷量の6割）の北見市、佐賀県（同15%）の白石町の選果場から、東京中央卸売市場の大田市場まで、玉葱を長距離輸送する2ケースを取り上げる。

なお、特に断らない限り、他の一般的な野菜輸送同様に、発地や着地における積卸作業はトラックドライバーによる手荷役とする。また、道路は、一般道走行を条件とした。

(2) ケーススタディを行う輸送ルート

指標計算は、各ケースで表1の4種類のルートで行う。

(3) ケーススタディの計算条件

LPI 計算に用いた条件値は、鉄道駅、港湾

表1 LPIの計算を行う4種類のルート

① 鉄道輸送ルート 5 ^ト 積の12フィートコンテナを利用し、最寄り貨物駅間は、JR貨物によって運ぶルート	② フェリー輸送ルート 20 ^ト 積のセミトレーラー（以下「シャーシ」という。）を利用し、海上区間は、長距離フェリーによって無人航走するルート	③ RORO船輸送ルート 20 ^ト 積シャーシを利用し、海上区間は、RORO船によって輸送するルート	④ トラック輸送ルート 10 ^ト 積トラックにより、発地から着地までを、ワンマンで陸上走行して輸送するルート（玉葱輸送での利用は少ないが、比較検討のため設定。）
---	---	--	--

なお、①～③は、16年4月時点の時刻表などの掲載ルートとダイヤによる。また、②のうち北見・苫小牧間の区間と④は、トラックドライバーの1日の運転時間数と実態を調査し、高速道路を利用するものとした。

表2 選果場から大田市場までの各輸送ルートの LPI の計算結果

発地	輸送ルート	鉄道輸送A	フェリー輸送A	RORO船輸送A	トラック輸送A
		JR貨物	長距離フェリー	RORO船	トラック
北海道北見市	経由ルート	北見駅～磯谷川駅	苫小牧港～入道港	釧路港～日立型	釧路～大田
	全輸送距離 (km)	1,556	1,204	1,075	1,400
佐賀県白石町	経由ルート	大田市場～大田市場	大田市場～大田市場	大田市場～大田市場	大田市場～大田市場
	全輸送距離 (km)	1,265	1,305	1,242	1,168
LPI (×10 ³) (計1122)	鉄道輸送A	2.80 (48)	1.45 (25)	1.46 (25)	0.589 (10)
	フェリー輸送A	2.75 (48)	2.66 (43)	2.87 (47)	0.615 (10)

における現地観測を行うと共に、関係者ヒアリング等による確認・補足を行い、標準的なものとして、末尾附表のとおり設定した。

(4) 計算結果

計算した結果を、表2に示す。

北海道発のケースでは、鉄道輸送ルート LPI が約 2.80×10^3 、フェリー輸送ルートと RORO 船輸送ルート（以下、両ルートを総称する場合は「海上輸送ルート」という。）が 1.45×10^3 程度、トラック輸送ルートが約 590 となり、トラック輸送ルートに比べて、鉄道輸送ルートは約5倍、海上輸送ルートは2.5倍と、高い労働生産性を有することを確認した。

また、佐賀県発のケースでは、鉄道・海上輸送ルートの LPI は、トラック輸送ルートに対して4.5倍前後の高い値を示した。

発着地間の輸送ルート相互の LPI 比較で、鉄道・海上輸送ルートの労働生産性の高さが確認できた。

3.2 ケーススタディ結果の分析

(1) ルート毎の延べ従事時間の内訳

表2の2ケース計8ルートについて、発着地間の全工程に要した貨物1トあたりの従事時間（以下、「延べ従事時間」という。）に占める各工程の従事時間の割合を、鉄道やフェリーなどの輸送機関別の輸送、鉄道駅や港湾における「積替」、発着地における「積卸」の別にまとめ図2に示す。

鉄道輸送ルートでは、発着地での鉄道コンテナへの積み込みや荷卸し、着地における手待ち時間からなる「積卸」の従事時間が、ルート全体の従事時間の6割前後も占めている。

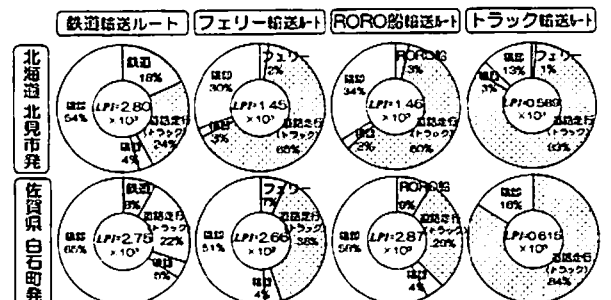


図2 選果場から大田市場までの延べ従事時間の内訳

海上輸送ルートでも、北海道・佐賀発それぞれ3割以上、5割以上を「積卸」が占める。特徴的なのは、発地から港まで、港から着地までのトラック輸送（以下、「道路走行」という。）に要する従事時間が、北海道のケースで6割以上、佐賀のケースで約3~4割にも及んでおり、海上輸送や、その前後の「積替」工程に要する従事時間は、ルート全体の従事時間の1割前後に留まることである。

鉄道・海上輸送ルート全体の生産性は「積卸」や「道路走行」の工程に、左右されることが確認できる。

(2) ケーススタディから明らかになる輸送ルートの生産性向上のための着目点

上記の北海道発のケースのフェリー輸送ルートを例に、横軸に各輸送工程の従事時間を、縦軸に各工程単位で算出した労働生産性をとり、各工程の生産性を整理した（図3）。

輸送ルート全体の従事時間に対して、「A 物流労働生産性を産まない工程」「B 生産性の低い工程」が従事時間の多くを占めていることがわかる。これら工程の i) 従事時間の短縮、ii) 生産性の向上や、「D 生産性の大きく異なる工程」の iii) 組合せ方の見直しで、鉄道・海上輸送ルートでは、ルート全体としての生産性を向上できる可能性が読み取れる。

以下、図3に照らしつつ考察を進める。

(3) 工程の従事時間の短縮による LPI の改善効果

図3中の生産性の低いA、Bの工程に注目

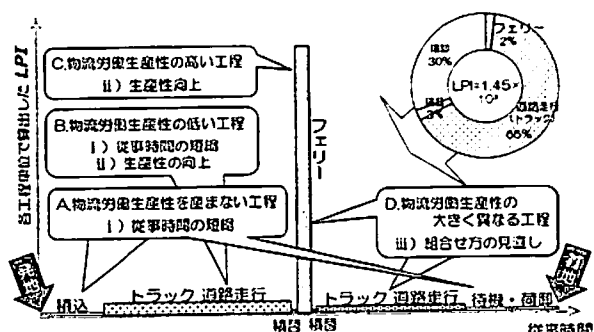


図3 輸送ルートを構成する各工程の従事時間・LPIから読み取れる生産性向上の着目点

し、LPIの用いながら各ルートの特徴を見る。

① パレット化による積卸工程の時間短縮

A 生産性を産まない工程「積卸」において、手荷役の解消による従事時間の短縮が、輸送ルート全体の生産性に及ぼす影響を、北海道発のケースで見ると、玉葱輸送の実態例に照らし、パレット化と機械荷役の導入による荷役作業の時間を手荷役の場合の1/4とし、併せて、荷卸し前の手待ち時間も半減させた場合のLPIを表3に示した。

表3 パレット化等による各輸送ルートのLPIの変化（北海道北見市→大田市場）

輸送ルート	鉄道輸送	フェリー輸送	RORO船輸送	トラック輸送
手荷役	2.80	1.45	1.46	0.589
パレット化 機械荷役	4.38	1.84	1.91	0.643
	1.56倍	1.27倍	1.31倍	1.09倍

※パレット化・機械荷役の導入は、手荷役の1/4とする前提。

パレット化等で、トラック輸送ルートのLPIが1割弱の改善に留まる一方で、鉄道輸送ルートは5割以上、海上輸送ルートは3割程度の大きな改善効果が確認できた。

この要因を、延べ従事時間の内訳で見ると（図4）。「積卸」の従事時間は、トラック輸送ルートでは、延べ従事時間の8分の1に過ぎないのに対し、鉄道輸送ルートでは5割以上を占めている。この割合の高い「積卸」の工程に対する改善策が、生産性向上に大きな効果を生むことがわかる。

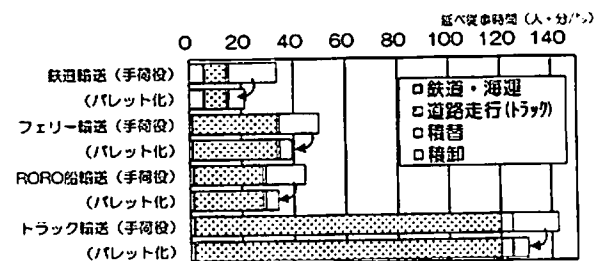


図4 パレット化等による各輸送ルートの工程毎の従事時間の変化(北見市→大田市場)

② 高速道路利用による道路走行工程の生産性の改善

B 生産性の低い工程「道路走行」において、高速道路を利用することによる従事時間の短

縮が、輸送ルート全体の生産性に及ぼす影響を佐賀県発のケース(表4)に基づき考察する。

海上輸送ルートを見ると、「道路走行」の工程の従事時間が約4割(図2)を占めるフェリー輸送ルートは、高速道路の利用により約2割(表4)、同約3割を占めるRORO船輸送ルートでも1割強のLPIの上昇が見られる。

表4 高速道路利用による各輸送ルートのLPIの変化(佐賀県白石町→大田市場)

輸送ルート	鉄道輸送	フェリー輸送	RORO船輸送	トラック輸送
一般道路利用	LPI (10 ³) 1.265 21%増	2.75	2.66 1.395 142%増	2.87 1.242 91%増
高速道路利用	LPI (10 ³) 1.225 162%増	3.13 1.18倍	3.19 1.11倍	0.615 1.168 116%増

取扱駅が多く道路走行距離の短い鉄道輸送ルートに比べ、限られた航路を利用するために、港までの道路走行距離が長くなる海上輸送ルートにおいては、「道路走行」の工程の時間短縮効果のある高速道路利用により、生産性の改善が図られることが確認できる。

(5) 総輸送距離とLPIの関係

検討ケースを6ケース追加し、図5に示す計8ケース計36ルートで、各輸送ルートの総輸送距離とLPIの関係を見る。

なお、長距離フェリーとRORO船の輸送ルートの間には、指標計算上の従事者数・時間

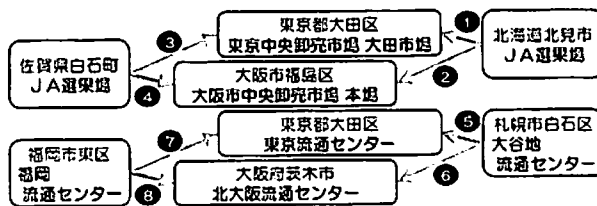


図5 LPI計算を行った8つのケース

表5 計算を行ったルート数と輸送ルート毎の総輸送距離、LPIの概要

輸送ルート	計画経路数	ケース数	総輸送距離	LPI (10 ³)
鉄道輸送ルート	8	8	653 ~ 1,886	158 ~ 4.05
フェリー輸送ルート	8	9	562 ~ 1,415	1.22 ~ 2.93
RORO船輸送ルート	6	10	949 ~ 2,254	1.46 ~ 4.69
トラック輸送ルート	8	9	602 ~ 1,760	0.63 ~ 0.62
合計	8	36		

2016年度産協の貨物取扱量(品別・産地別)と、海上輸送ルート(北見・大田)間の輸送ルートとダイヤに基づいて計算した。ケース別の輸送ルート間に重複がある。

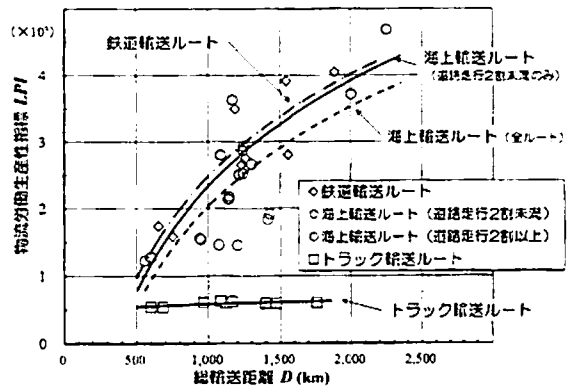


図6 各輸送ルートの総輸送距離とLPIの関係

に差異が確認されなかったため、両ルートをもとめて「海上輸送ルート」として整理する。

計算結果(表5)から、総輸送距離DとLPIの関係(図6)に、以下の相関が確認できる。

鉄道輸送ルート

$$LPI = (2.21 \ln D - 12.8) \times 10^3 \quad (R^2=0.772) \quad (3)$$

海上輸送ルート(全ルート)

$$LPI = (2.16 \ln D - 12.9) \times 10^3 \quad (R^2=0.562) \quad (4)$$

トラック輸送ルート

$$LPI = (0.0636 \ln D + 0.142) \times 10^3 \quad (R^2=0.475) \quad (5)$$

特に海上輸送ルートでは、「道路走行」の工程が各ルートのLPIに大きな影響を及ぼす

(3.2(1))ため、道路走行距離が総輸送距離の2割未満のルートのみで近似させたところ、より相関の高い式(6)式を得た。

海上輸送ルート(道路走行距離が2割未満のルート)

$$LPI = (2.29 \ln D - 13.5) \times 10^3 \quad (R^2=0.765) \quad (6)$$

トラック輸送ルートの近似線は、総輸送距離が長くなるに従って、生産性を産まない「積卸」の工程の影響が小さくなるため、右上がりになるものの、「道路走行」の工程の生産性が低いためLPIの上昇割合は小さい。

一方、鉄道・海上輸送ルートの近似線は、総輸送距離が長くなるに従って、生産性の高い代表機関の影響が大きく現れ、LPIの上昇割合は大きい。但し、総輸送距離が長くなる

両船の差異として、トラックの上下船作業を、フェリーの場合はドライバーと乗組員らが、RORO船の場合は港湾運送事業者が行う。両船事業者への確認等で、トラック1台当たりの上下船に従事する人数や時間に、この作業体制の差異による差は確認されなかったため、「積替」工程は同数とした。また、フェリーには、旅客対応の部員が乗船しているが、離接岸や航行中の実従事船員数には、両船に差が確認されなかったため「運航」工程も同数とした。

に従って、鉄道輸送ルートの場合は、北海道や九州内などの区間における貨車の編成両数の短い便や、平均運行速度の遅い便の利用などが、また、海上輸送ルートの場合は、途中寄港する便の利用などが影響し、総輸送距離の伸びに対するLPIの上昇割合が逓減する結果となっている。

上記の鉄道輸送ルートの式(3)、海上輸送ルートの式(6)は、総輸送距離に対して、ほぼ同等のLPIの値を示す式となっており、多数のケースによる分析によっても、トラック輸送ルートの式(5)と比較して、労働生産性の高さが確認された。

4 生産性向上のための施策展開の方向性

3.2(2)に示した生産性向上のための着目点に基づき、現状の施策や現場実態に照らしつつ、施策展開について考察する。

なお、3.2節の分析結果や、雑貨等の海上輸送ルートの輸送実態から、本章分析は、「積卸」はパレット化して行う機械荷役とし、道路走行時には高速道路を利用することとした。

4.1 各輸送工程単独での生産性の向上

(1) 各輸送機関の輸送能力増強の効果

現在、各工程の生産性の向上策として、貨物列車の長編成化、新造船舶の貨物車積載台数の増加、トラックの積載量等の緩和などの取り組みが実施・検討されている。

図5の8ケースの内、鉄道・海上輸送ルートで、総輸送距離に占める道路走行距離の割合の小さい福岡から東京までのケース7を対象として、3.2(2)のii)生産性の向上の効果を見る。各ルートの代表機関について貨物列車

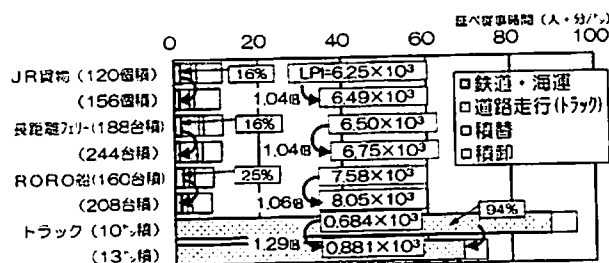


図7 輸送能力増によるLPIと従事時間の変化 (ケース7 福岡市→東京都大田区)

の1編成あたりの輸送コンテナ個数、船舶の積載貨物車両台数、トラックの積載トン数を、それぞれ3割増した場合のLPIの変化と延べ従事時間の内訳を図7にまとめた。

鉄道・海上輸送ルートでは、延べ従事時間の16~25%に留まる工程の生産性改善であることから、ルート全体のLPIの改善効果は4~6%であった。一方、トラック輸送ルートでは、延べ従事時間の94%を占める工程の改善となり、LPIが約3割も上昇する大きな生産性改善効果が確認できた。

(2) 道路走行車両の積載能力増による生産性向上の効果と課題

道路走行車両は、これまでも軸重や車両長の緩和などが行われてきた。2016年11月から、生産性の向上等の観点から、新東名高速道路を経由する最大約500kmの輸送を対象として、ダブル連結トラックの走行実験が開始される。(1)のケース7を例に、10ト車2台分の20ト積みとした場合のトラック輸送ルートのLPIを算出すると 1.33×10^3 と、2倍近くに上昇する。

これらから、車両の積載能力増は、海上輸送ルート等の代替性の無い区間、まとまった量の輸送需要のある区間の輸送において、生産性を大幅に向上させることが確認できる。

一方、ケース7の鉄道・海上輸送ルートでは、上記計算結果に比べて、現状能力でも約5倍以上のLPIを示す。また、「道路走行」の工程のドライバーの従事時間は、3~9%程度まで短縮できる。

また、品目や検討対象のケースによっては、発地側の生産能力や着地側の市場規模から輸送ロットをまとめられない場合がある。ドライバーの拘束時間の制約から、1輸送での積卸箇所数が制限されることも重なり、長距離フェリーでも利用車両の6割以上を10ト積みトラックが占める航路もある現状にある。

これらより、海上輸送ルートなど、代替ルート選択が可能な発着地間の長距離輸送にお

ける生産性の検討には、複合一貫輸送が行われる輸送ルートも含めた比較検討が重要である。

4. 2 生産性の大きく異なる工程の組合せの見直し

3. 2 (2) の iii) 生産性の大きく異なる工程の組合せの見直しにつながる施策展開について考察する。

(1) 海上輸送ルートの工程組合せの見直しの課題と対応

① 道路走行距離を短縮できる航路の選択肢の充実

「D 生産性の大きく異なる工程」の iii) 組合せの見直しの効果を、図 5 のケース 1, 7 を例として、見直し前後の差異を考察する。

表 6 同一地点間輸送の道路走行距離の LPI への影響

発着地利用港	ケース1：北見→東京		ケース7：福岡→東京	
	苫小牧港	釧路港	北九州港	博多港
全輸送距離	1210 km	1076 km	1245 km	1167 km
発着地の 道路走行距離	319 km (26.3%)	142 km (13.2%)	71 km (5.7%)	6 km (0.5%)
LPI (×10 ³)	2.37 → 2.67 1.13 倍	6.5 → 7.58 1.17 倍		

表 6 より、同一発着地間の輸送で、異なる海上輸送ルートを用いる場合、道路走行距離の割合が短いルートの方が、LPI の値が 1 割以上高いことが確認できる。しかし、現実には、同一の発着地間で、生産性の観点から海上輸送ルートを選択できる場合は限られる。

海上航路は、港湾施設と船及び船員が確保できれば、他機関のルートで必要となる線路や道路などの拡充・維持などの投資を必要としない輸送手段である。生産性の大きく異なる工程の組合せ見直しには、こうしたインフラ面の特長を有する海上航路の選択肢を増やす取り組みが重要である。

② 混載輸送のシステムの普及の意義

現場では、4. 1 (2) で言及したように、20 トン積シャーシにまとまらない小口の輸送需要が、海上輸送ルートへの転換を足踏みさせている可能性がある。

北海道では、生産規模の小さい JA の農産品を集積し、出荷先別に積み替えたシャーシ

を仕立てた上で、道外向けの海上輸送ルートを活用する取り組みが本格化している。

様々な品目で、20 トン積シャーシなどを利用した海上輸送の混載システムを広く普及させることは、航路の利用需要を増やし、結果的に、工程の組合せ検討の対象となる航路の拡充 (①) に結びつく可能性がある。

(2) 輸送ルートの所要輸送日数の制約と LPI

札幌から東京までの海上輸送の例 (図 5 のケース 5) で、所要輸送日数との関係から、工程の組合せの見直しについて考察する。

札幌から東京までの海上輸送は、苫小牧港から、長距離フェリーが大洗港、RORO 船が常陸那珂港まで、約 18~20 時間をかけて、ほぼ毎日 2 便ずつ運航されている。この他にも、東京港まで 27 時間で直行する RORO 船が、定曜日運航されている。この 3 航路を利用した輸送ルートの LPI、従事時間の内訳、最短実輸送時間 (航路ダイヤに合わせて発着地間を最短で運ぶ時間) を図 8 に示す。

大洗港、常陸那珂港を利用するルートに比べて、生産性の低い「道路走行」の工程の従事時間を大幅に短縮できる東京港利用ルートは、LPI=5.76×10³ と他ルートの 1.6 倍の高い労働生産性を有する。また、「道路走行」の工程のドライバー従事時間は、他の 2 ルートの 46% にまで大幅に短縮される。

前者の 2 ルートの最短実輸送時間は約 24~26 時間。1 日目の晩に札幌市内で積込み開始すれば、2 日目の深夜に東京流通センターで

