ISSN 2186-5647

6-2

モーダルシフトを考慮した首都圏から福岡県への鉄道輸送経路選択

日大生産工（院）　○石野田　隼　日大生産工　若林 敬造　大澤 紘一
日大生産工　渡邊 昭廣　産能大経営　藤田 祐　日大生産工　峯　恭一

1. はじめに

近年,我が国の物流活動においては,コスト削減,顧客サービスの向上のみならず,環境問題への意識が高まってきており,環境負荷の高いトラック輸送から,環境にやさしい鉄道輸送への転換を目指すモーダルシフトが注目されている[1].

国土交通省では, 2005 年度物流センサス 3 日間調査結果[2]において,図 1 に示すように首都圏から九州への軽・雑工業品と呼ばれる品目について,多くの長距離輸送経路を継続的に調査しているが,そのほとんどは福岡県向けのトラックのみの輸送経路である.モーダルシフトを推進するためには,鉄道輸送を含めた経路選択を考え,CO_2 排出量の影響について検討する必要がある.

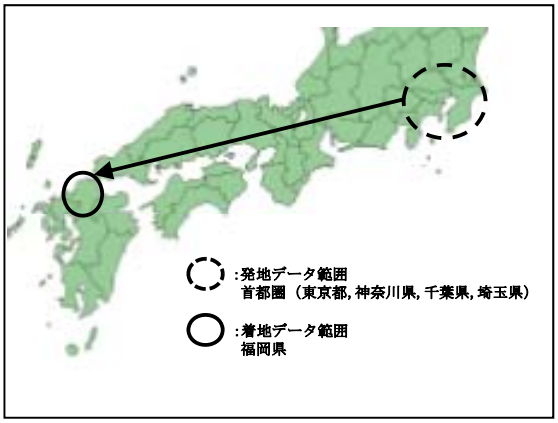

図 1 首都圏から福岡県への輸送経路

鉄道駅は全国に存在するので,輸送の発地,着地を固定したとしてもその輸送経路は複数存在する.

本稿では, 2005 年度物流センサス 3 日間調査結果[2]のデータからトラックのみで輸送される軽・雑工業品のデータを抽出した.その抽出した各々の輸送データの CO_2 排出量を算出し, CO_2 排出量削減に効果的な鉄道輸送経路選択の提案をする.

2. 鉄道輸送経路選択の提案

鉄道の輸送経路は,発地から発駅および着駅から着地の 2 つの距離の合計が最短となる鉄道駅を利用することを提案する.

発地から発駅および着駅から着地までのトラック輸送距離は,Google マップ（地図検索）[3]の API(Application Program Interface)を活用して最短距離のルートを決定する.発地の最短鉄道駅選択例を図 2, 着地の最短鉄道駅選択例を図 3 に示す.

Google マップの API を活用し,船橋市内の発地から各鉄道駅への輸送距離を出力した例を表 1 に示す.

3. CO_2 排出量の算出方法

2006 年に施行された改正省エネ法では,年間 3000 万トンキロ以上の輸送を行う荷主に,輸送に関わるエネルギー使用量の報告義務が課せられており,そのエネルギー使用量算出方法としては燃料法,燃費法,トンキロ法のいずれかを選択するように定めている[4],[5].

トンキロ法は,輸送トンキロからエネルギ

Route Decision for Transportation Cargo Considering Modal Shift from Metropolitan Area to Fukuoka Prefecture

Shun ISHINODA, Keizou WAKABAYASHI, Kouichi OSAWA, Akihiro WATANABE, Yu FUJITA and Kyouichi MINE

ー使用量を算出するものである.経済産業省と国土交通省は,これらの算出方法に準拠させ,改正省エネ法ベースの CO_2 排出量算出方法[4],[5]を公表している.

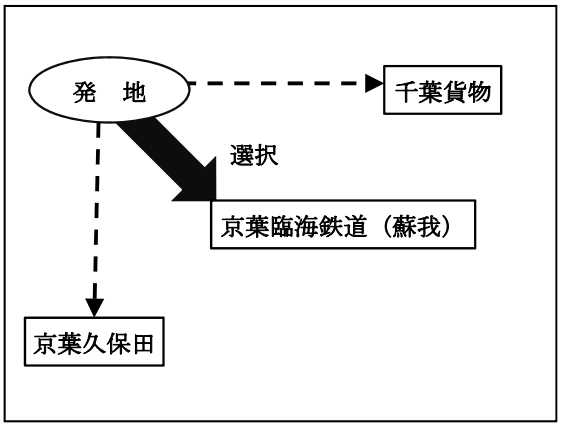

図 2　発地の最短鉄道駅選択例

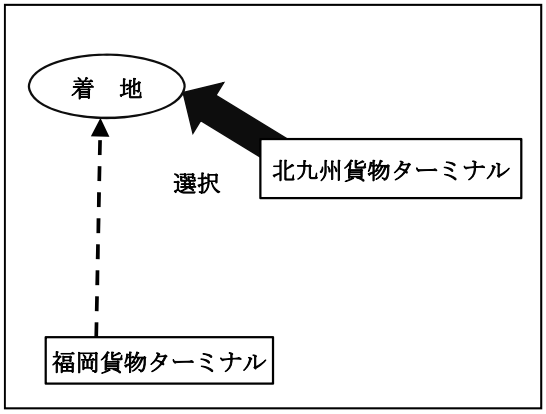

図 3　着地の最短鉄道駅選択例

表 1　API の出力例

発地		各鉄道駅の座標		輸送距離
緯度	経度	緯度	経度	
35.69471	139.9826	35.73106	139.7992	19.629
35.69471	139.9826	35.59419	139.7601	33.781
35.69471	139.9826	35.52922	139.7481	36.848
35.69471	139.9826	35.42048	139.6713	52.675
35.69471	139.9826	35.4826	139.5902	52.421
35.69471	139.9826	35.32328	139.331	84.008
35.69471	139.9826	35.58261	139.6046	50.274
35.69471	139.9826	36.16523	139.3456	87.617
35.69471	139.9826	35.87761	139.7986	33.78
35.69471	139.9826	35.80366	139.5537	53.554
35.69471	139.9826	35.5587	140.1242	23.167
35.69471	139.9826	35.46141	139.9965	40.644

本稿では鉄道輸送部分[6]について,CO_2 排出量原単位に輸送トンキロ値を掛ける従来トンキロ法と呼ばれる次の(1)式によって,CO_2 排出量を算出する.

$$\boxed{\begin{array}{c}CO_2\text{排出量}\\[kg\text{-}CO_2]\end{array}} = \boxed{\begin{array}{c}\text{輸送トンキロ}\\[\text{ﾄﾝｷﾛ}]\end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c}\text{従来トンキロ法}\\CO_2\text{排出量原単位}\\[kg\text{-}CO_2/\text{ﾄﾝｷﾛ}]\end{array}} \quad \text{---(1)}$$

トラック輸送部分については,改良トンキロ法と呼ばれる次の(2)式によって算出する.

$$\boxed{\begin{array}{c}CO_2\text{排出量}\\[kg\text{-}CO_2]\end{array}} = \boxed{\begin{array}{c}\text{輸送トンキロ}\\[\text{ﾄﾝｷﾛ}]\end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c}\text{改良トンキロ法}\\\text{燃料使用原単位}\\[\ell/\text{ﾄﾝｷﾛ}]\end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c}CO_2\text{排出係数}\\[kg\text{-}CO_2/\ \ell]\end{array}} \quad \text{---(2)}$$

(2)式の改良トンキロ法燃料使用原単位は,トラックの最大積載量と積載率を考慮したトンキロあたりの燃費であり,ディーゼル車を使用した場合は次の(3)式に示す関係から算出される.

$$\ln y = 2.71 - 0.812 \cdot \ln\left(\frac{x}{100}\right) - 0.654 \cdot \ln z \quad \text{---(3)}$$

(3)式では,y が改良トンキロ法燃料使用原単位[ℓ/ﾄﾝｷﾛ],x が積載率[%],z が最大積載量[kg], ln は自然対数となっている.

3.1 トラックのみの輸送経路の CO_2 排出量

トラックのみの輸送経路の CO_2 排出量は(2)式の改良トンキロ法で算出する.ただし輸

送には 10t トラックを利用すると仮定する.使用トラックを10tと仮定したのは,長距離輸送で最も多く使われるためである.このため(3)式においては最大積載量を10,000kgとし,次の(4)式により,改良トンキロ法燃料使用原単位yを輸送重量t_{01}から算出する. exp は指数関数となっている.

なお(2)式の CO_2 排出係数については 2.62 kg/ℓ[4]を使用する.

$$y = \exp(2.71 - 0.812 \cdot \ln(\frac{t_{01}}{10}) - 0.654 \cdot \ln(10000)) \quad \cdots(4)$$

3.2 トラックと鉄道の輸送経路の CO_2 排出量

トラックと鉄道の輸送経路におけるCO_2排出量は,トラック輸送部分は改良トンキロ法,鉄道輸送は(1)式の従来トンキロ法によって算出する.

(1)式の CO_2 排出量原単位については,0.022kg-CO_2/ﾄﾝｷﾛ[4]を使用する.

トラック輸送部分の CO_2 排出量は(2)式の改良トンキロ法で算出する.改良トンキロ法燃料使用原単位yは,使用トラックの最大積載量(t)をT_{01}とし,(5)式を使用する.

$$y = \exp(2.71 - 0.812 \cdot \ln(\frac{t_{01}}{T_{01}}) - 0.654 \cdot \ln(T_{01} \cdot 1000)) \quad \cdots(5)$$

トラック輸送部分で使用するトラックは積載コンテナ数別に分け,8t トラックもしくは15t トラックを使うと仮定する.

使用トラックと輸送重量の関係は,表2の通りである[7].

表 2 トラックと輸送重量の関係

正味輸送重量(t)	コンテナ数	輸送重量(t)	輸送トラック(t)
$y_{01} \leqq 5.0$	1個(1.5t)	$t_{01} \leqq 6.5$	8
$5.0 < y_{01} < 10.0$	2個(3.0t)	$8 < t_{01} < 13$	15

ここで, 輸送コンテナ数を x_{01},正味輸送重量を y_{01} とすると,輸送重量 t_{01} は(6)式で表現できる.コンテナは最も利用される 12ft (自重1.5t) を使用すると仮定する.12ft コンテナの写真を図 4 に示す[8].

また,表2のトラックと輸送重量の関係のイメージ図を図 5 に示す.

$$t_{01} = 1.5 \cdot x_{01} + y_{01} \text{----------}(6)$$

図 4　12ft コンテナ

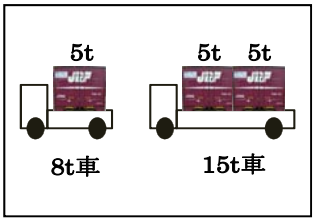

図 5　トラックと輸送重量の関係

4.計算結果と考察

計算した CO_2 排出量の各平均値の 95%信頼区間をグラフ化したものを図 6 に示す.

さらに,トラックのみの輸送経路とトラックと鉄道の輸送駅路の平均値の差を統計的に検定するために,統計分析ソフト IBM SPSS 19 を用いて,データに対応のある t 検定を行った[9],[10].この結果を表 3 に示す.

図6および表3より,トラックのみの輸送経路よりも,トラックと鉄道を組合せた輸送経路の方が CO_2 排出量は低くなり, t 検定の結果では,2 つの輸送経路間に有意差が生じていることがわかる.

この結果から，発地および着地から最短距離の鉄道駅を利用し,トラックと鉄道を組合せた輸送経路を使えば,CO_2 排出量の削減効果が得られると考えられる.

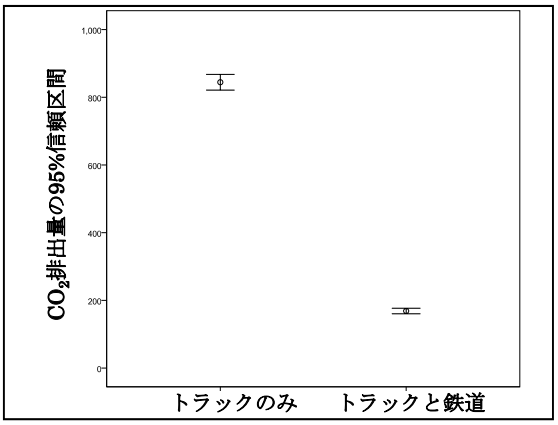

図 6　CO_2 排出量平均値の 95%信頼区間 [kg-CO_2]

表 3 データに対応のある t 検定の結果

ペア	対応サンプルの差	t値
	平均値	
トラックのみ-トラックと鉄道	676.12	79.2**
**：1%有意差		

5.まとめ

本稿では,首都圏から福岡県までの長距離輸送を対象に,発地から発駅および着駅から着地の 2 つの距離の合計が最短となる鉄道輸送経路選択を提案し，CO_2 排出量削減における効果を検討した.

数値計算の結果からは，トラックのみの輸送経路,トラックと鉄道を組合せた輸送経路の比較において,提案した輸送経路選択が,改正省エネ法で定められた算出方法による CO_2 排出量削減に効果があることが示された.

6.今後の課題

今後は, 2005 年度物流センサス 3 日間調査から抽出した各々の輸送データについて,輸送コストを算出し,提案した輸送経路における効果を検討する.

最終的には,CO_2 排出量および輸送コストの両面から鉄道輸送経路選択を検討し,モーダルシフトの推進に貢献していきたい.

＜参考文献＞

[1] 吉田光博,大澤紘一,若林敬造：モーダルシフトを考慮した長距離輸送経路選択に関する一考察,第 42 回（平成 21 年度）日本大学生産工学部学術講演会マネジメント部会講演会概要,(2009),pp.61-64.

[2] 国土交通省：全国貨物純流動調査 (http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/census/census-top.html)

[3] Google：Google マップ - 地図検索 - (http://maps.google.co.jp/)

[4] 経済産業省・国土交通省：物流分野の CO_2 排出量に関する算定方法ガイドライン, (2006),p.9. (http://www.enecho.meti.go.jp/policy/images/060518pamph.pdf)

[5] 経済産業省資源エネルギー庁,(財)省エネルギーセンター：改正省エネ法荷主対応マニュアル第 3 版, (2008),pp.15. (http://www.eccj.or.jp/law06/pamph_shipper3/ninushiver3.pdf)

[6] (社)鉄道貨物協会:JR 貨物時刻表, (2009),pp.178-179.

[7] JR 貨物 日本貨物鉄道株式会社：エネルギー使用量・CO_2 排出量計算シート (http://www.jrfreight.co.jp/environment/calculate/calc.php)

[8] JR 貨物 日本貨物鉄道株式会社：コンテナ輸送 | 鉄道貨物輸送のご案内 (http://www.jrfreight.co.jp/transport/container/index.html)

[9] 小田利勝：SPSS による統計解析入門，プレアデス出版,(2007),pp.232-234.

[10]米川和雄,山崎貞政：SPSS 統計解析マニュアル,(2010),pp.26-28.