

CO₂削減を考慮した上海・日本間輸送経路検討

日大生産工 (院) ○王 頴コウ 日大生産工 若林 敬造

1. はじめに

日中貿易は、1970年代末の改革・開放以来の中国経済の変化に対応して大きく変化してきている。日中間の貿易動向を反映し、日中間のコンテナ荷動き量は益々増加している。2007年のコンテナ輸送実績は世界の景気減速を理由に過去5年間で最低の伸び率となったものの、過去最高の記録を更新した。日中間航路におけるコンテナ輸送は、上海港、天津新港、青島港、大連港の四港を中心に展開しており、最も取扱量が多いのは上海となっている。一方、日本の取扱量は東京港が首位で、以下大阪港、名古屋港の順位である。

本研究では、上海・日本間物流における輸送の視点から、温暖化問題に焦点を当てたよりよい輸送経路¹⁾について検討する。

2. 輸送経路



図-1 上海から日本首都圏への輸送経路

輸送経路は図-1のように中国の上海港から東京港および大阪港を経由して日本の首都圏までの長距離輸送を対象に、それぞれの輸送経路上のCO₂の排出量を計算、比較し、それぞれの経路の環境負荷を検討する。

輸送経路の発地は上海港であり、着地は、

大消費地である首都圏内（東京都・埼玉県・千葉県・神奈川県）とした。

2.1 高速フェリー経路

上海港から大阪港までの高速フェリー輸送距離を w_1 km, 大阪港から大阪貨物ターミナルまでのトラック輸送距離を x_1 km, 大阪ターミナルからの各鉄道駅までのトラック輸送距離を y_1 km, 鉄道駅から着地の距離を z_1 とすると、高速フェリー経路は図-2のように示される。

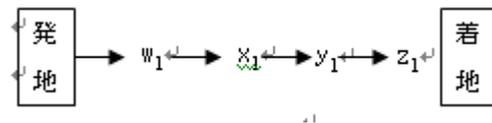


図-2 フェリー経路

2.2 コンテナ船経路

上海港から東京港までのコンテナ船輸送距離を x_2 km, 東京港から着地までのトラック輸送距離を y_2 km とすると、コンテナ船経路は図-3のように示される。

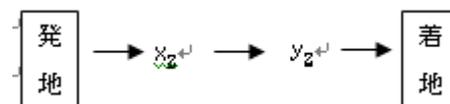


図-3 コンテナ船経路

3. 数値実験

二つの輸送経路のCO₂排出量を比較するため、一様乱数に基づくモンテカルロ法による数値実験を行った。

3.1 実験上の仮定

(1) 着地

着地は、図-4に示す日本首都圏の矩形範囲

内にランダムに発生することを仮定した。この矩形範囲は 2005 年に行われた物流センサス 3 日間調査²⁾の結果から導いた。

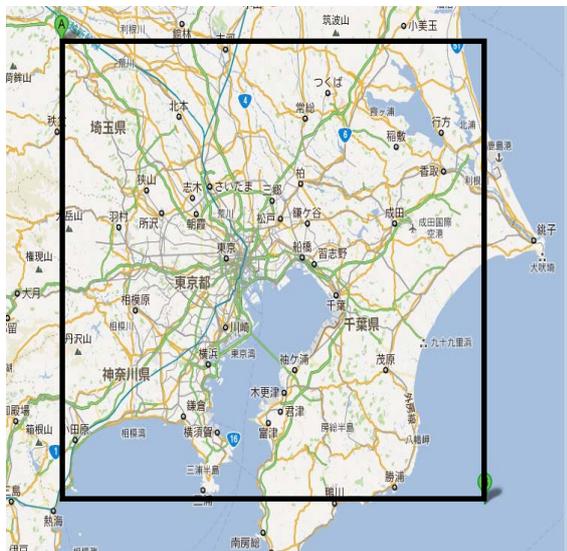


図-4 着地発生範囲

(2) 鉄道駅

高速フェリー経路の着地側で用いる鉄道駅は、物流センサス 3 日間調査²⁾の結果から導き、着地とのトラック輸送距離が最も小さいものの利用を仮定した。

(3) 輸送距離

高速フェリーとコンテナ船の輸送距離は Sea Rates. com の HP³⁾ から検索することにより、それぞれ 1498 k m, 1904 k m とした。鉄道の輸送距離は JR 貨物 HP⁴⁾ より求めた。

トラックの輸送距離は Google マップ⁵⁾ からドライブルートを検索することにより求めた。ルートが複数表示された場合は最も距離が短いものを選択した。

(4) 輸送荷物の重量

10kg から 10t までの範囲でランダムに発生するものとした。

(5) 使用トラック

長距離輸送のため、コンテナ船経路では大型 10t トラックを使用することを仮定する。

高速フェリー経路の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、

表-1 に示すように 8t トラックもしくは 15t トラックを使う⁶⁾と仮定する。

表-1 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) |
|-----------------------|----------|-------------------|-----------|
| $y_{01} \leq 5.0$ | 1個(1.5t) | $t_{01} \leq 6.5$ | 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(1)式で表現できる。コンテナは最も利用される 12ft (自重 15t) を使用すると仮定する。

$$t_{01} = 1.5 \cdot x_{01} + y_{01} \quad \text{-----(1)}$$

また、表-1 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。

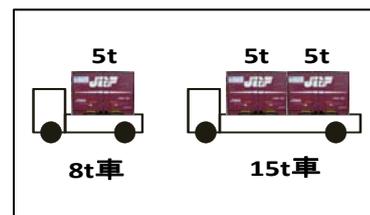


図-5 トラックと輸送重量の関係

(6) CO₂ 排出量の計算

鉄道と船舶輸送部分は(2)式に示す従来トンキロ法によって算出する。

$$\boxed{\text{CO}_2 \text{ 排出量 } [\text{kg-CO}_2]} = \boxed{\text{輸送トンキロ } [\text{トンキロ}]} \times \boxed{\text{従来トンキロ法 CO}_2 \text{ 排出量原単位 } [\text{kg-CO}_2/\text{トンキロ}]} \quad \text{---(2)}$$

従来トンキロ法 CO₂ 排出量原単位の値は、鉄道では 0.022kg-CO₂/トンキロ、船舶では 0.039kg-CO₂/トンキロを使用する⁷⁾。

トラック輸送部分は、その最大積載量と積載重量により変化する燃費を考慮して改良トン

キロ法の計算式(3)で算出する。改良トンキロ法は2006年に施行された改正省エネ法において推奨された方法⁸⁾であり、この方法から計算されたCO₂排出量は、多くの荷主にとって意味のある数字となる。

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{CO}_2 \text{ 排出量} \\ \text{[kg-CO}_2\text{]} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{輸送トンキロ} \\ \text{[トンキロ]} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{改良トンキロ法} \\ \text{燃料使用原単位} \\ \text{[リットル/トンキロ]} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \text{CO}_2 \text{ 排出係数} \\ \text{[kg-CO}_2\text{/リットル]} \\ \hline \end{array} \quad \text{---(3)}$$

CO₂ 排出係数については、軽油の 2.62 Kg-CO₂/l⁷⁾を使用する。

改良トンキロ法燃料使用原単位は、使用トラックの最大積載量(t)を T₀₁、輸送重量(t)を t₀₁ とすると、次の(4)式の y として算出できる。

$$y = \exp(2.71 - 0.812 \cdot \ln\left(\frac{t_{01}}{T_{01}}\right) - 0.654 \cdot \ln(T_{01} \cdot 1000)) \quad \text{---(4)}$$

3.2 実験手順

数値実験は次の手順に従って実施した。

(手順-1) Microsoft Excel 2003 の一様乱数発生機能で、図-4 の矩形範囲内でランダムに着地の緯度と経度を 100 件発生させ、数値実験のサンプルとした。

(手順-2) 生成されたサンプルに対応させ、表 2 に示す 2 種類の経路で輸送した場合を想定し、それぞれについて 100 件の CO₂ 排出量を計算した。

| 輸送方式 | 経路 |
|--------|-----------------------------|
| 高速フェリー | 大阪港を經由，高速フェリーとトラックと鉄道を利用する。 |
| コンテナ船 | 東京港を經由，コンテナ船とトラックを理由する。 |

3.3 実験結果と考察

計算した CO₂ 排出量の 1 輸送当たり平均値を表-3 に、その 95%信頼区間をグラフ化したものを図-5 に示す。

さらに、高速フェリー経路とコンテナ船経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^{9),10)}を行った。この結果を表-4 に示す。

表-3 対応サンプルの統計量

| 輸送方式 | 平均値 |
|--------|-----------|
| コンテナ船 | 517.92801 |
| 高速フェリー | 503.95859 |

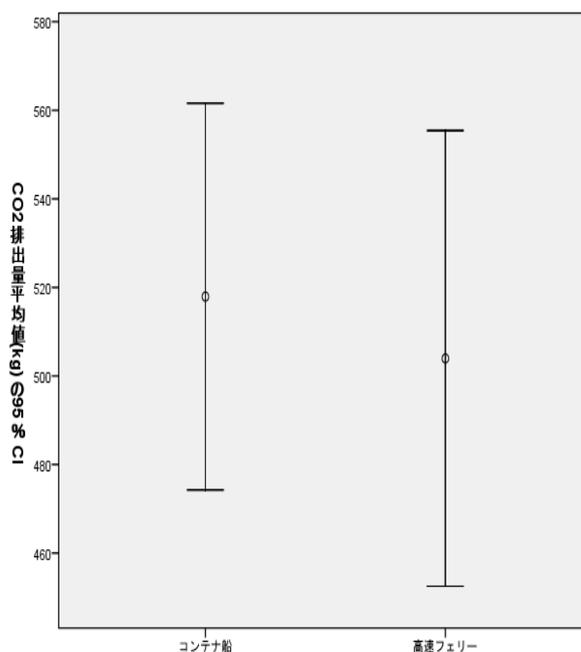


図-5 CO₂排出量平均値95%信頼区間[kg-CO₂]

表-4 データに対応のある t 検定の結果

| コンテナ船 - 高速フェリー | 対応サンプルの差 平均値 | t値 |
|----------------|-----------------|-------|
| | 4.819562 | 3.024 |

表-3 より、1 輸送当たり平均値は、コンテナ船経路で 517.92801 kg-CO₂、高速フェリー経路で 503.95859 kg-CO₂ となり、高速フェリー

経路の方が、コンテナ船経路よりもCO₂排出量が13.96942 kg-CO₂低くなっている。

表-4により、t検定の結果では、t値が3.024であり、この値は2つの輸送経路間に1%水準の有意差が生じていることを示している。

この結果から、高速フェリー経路の方がコンテナ船経路よりも環境負荷が低くなっていると考えられる。

4. まとめ

本稿では、中国の上海港から日本の首都圏までの長距離輸送を対象に、高速フェリー経路、コンテナ船経路のCO₂の排出量を計算、比較し、それぞれの経路の環境負荷を検討した。

数値実験により、改正省エネ法で定められた算出方法によるCO₂排出量の1輸送当たり平均値を求めた結果、高速フェリー経路の方がコンテナ船経路よりもその値が小さく、環境負荷が低くなっていることが示された。

5. 今後の課題

さらに数値実験を行い、それぞれの輸送経路上の輸送コスト、輸送時間を計算し、経済的な輸送経路の選択についても検討していきたい。

<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) Sea Rates.com : Port to port distances. Sea ports distance calculation. Sea routes between ports

(<http://www.searates.com/reference/portdistance/>)

- 4) 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>)
- 5) Google : Google マップ - 地図検索 - (<http://maps.google.co.jp/>)
- 6) JR 貨物 日本貨物鉄道株式会社: エネルギー使用量・CO₂排出量計算シート (<http://www.jrfreight.co.jp/environment/calculate/calc.php>)
- 7) 経済産業省・国土交通省: 物流分野のCO₂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>)
- 8) 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)
- 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.