

# 農産品輸送に伴う CO2 排出量の推計と環境負荷軽減に関する考察

都市交通研究室 04181289 樋上 聖悟  
指導教員 土屋 哲, 佐野可寸志

## 1. はじめに

国土交通省では、2005 年より物流分野における環境施策の推進を挙げ、その中でもモーダルシフトについて取り上げている。具体的には、物流の大動脈である東京～北九州間の 1 編成 26 両(輸送力 1300 t)の長編成の貨物列車の運行便数の増加や、RORO 船の建造促進次世代内航船の開発等による積み替え時間軽減、輸送時間の短縮によるモーダルシフトの促進を図るとの方針である。物流分野における CO<sub>2</sub> の削減は、重要である。

本研究では、2005 年に国土交通省が実施した、第八回全国貨物純流動調査のデータを用いて、全国の農水産品の輸送過程における CO<sub>2</sub> 排出量がどの程度削減できるのかを CO<sub>2</sub>・輸送コストから分析する。

## 2. 各種データ

都道府県間距離は、トラック輸送及びフィーダー輸送は Mapion、鉄道データは JR 貨物時刻表、海運データは日本沿岸航海最短距離計算を用いて算定した。貨物輸送機関別 CO<sub>2</sub> 排出原単位を(表-1)に示す。

表-1 貨物輸送機関別 CO<sub>2</sub> 排出原単位

モード	詳細	CO <sub>2</sub> 排出原単位
トラック	自家用トラック	1046 g-CO <sub>2</sub> /t・km
	営業用小型トラック	388 g-CO <sub>2</sub> /t・km
	営業用普通トラック	153 g-CO <sub>2</sub> /t・km
鉄道	コンテナ	21 g-CO <sub>2</sub> /t・km
	車扱	21 g-CO <sub>2</sub> /t・km
海運	コンテナ船	38 g-CO <sub>2</sub> /t・km
	RORO船	38 g-CO <sub>2</sub> /t・km
	その他の船舶	38 g-CO <sub>2</sub> /t・km

## 3. 分析

### ①分析 1

本分析では、機関分担モデルを用いたモーダルシフト施策について行い、以下のようなロジットモデルを定式化し、CO<sub>2</sub> 排出量を推計した。

$$P_{i,j,k} = \frac{\exp(V_{i,j,k})}{\sum_{k=1}^3 \exp(V_{i,j,k})}$$

$$V_{i,j,k} = \alpha T_{i,j,k} + \beta M_{i,j,k} + \gamma$$

$P_{i,j,k}$ : 都道府県 i から j までの輸送機関 k の分担率

$V_{i,j,k}$ : 都道府県 i から j までの輸送機関 k の効用

$T_{i,j,k}$ : 都道府県 i から j までの輸送機関 k の輸送時間

$M_{i,j,k}$ : 都道府県 i から j までの輸送機関 k の輸送コスト

$\alpha, \beta, \gamma$ : 未知のパラメータ

モーダルシフトの施策としては、以下の(表-2)物を想定して行った。

表-2 モーダルシフトの施策前後変化

	モーダルシフト前	モーダルシフト後
鉄道	運行速度80km/h	91km/h
海運	運行速度37.04km/h	55.56km/h
	荷役時間5h	2.5h

その後以下の推定式を用いてモーダルシフト施策施行前後の CO<sub>2</sub> 排出量を推計した。

$$CO_2 \text{ 排出量} = \sum_{i=1}^{47} \sum_{j=1}^{47} \sum_{k=1}^3 C_{i,j,k} \cdot P_{i,j,k} \cdot X_{i,j,n}$$

$P_{i,j,k}$ : 都道府県 i から j までの輸送機関 k の分担率

$X_{i,j,n}$ : 都道府県 i から j までの品目 n の輸送量 (t)

$C_{i,j,k}$ : 都道府県 i から j までの輸送機関 k による CO<sub>2</sub> 排出量 (g - CO<sub>2</sub>/t)

### ②分析 2

本分析では、地域生産量・需要量を所与としたときの計算上達成可能な CO<sub>2</sub> 削減量について行った。以下のような線形計画モデルを定式化し CO<sub>2</sub> 排出量と輸送コストを推計した。

$$\text{目的関数 } CO_2 \text{ 排出量} = \min \sum_{i=1}^{47} \sum_{j=1}^{47} X_{i,j,n,k} \cdot C_{i,j,k}$$

$$\text{制約条件 } \sum_{i=1}^{47} X_{i,j,n,k} \geq a_{j,n,k}$$

$$\sum_{j=1}^{47} X_{i,j,n,k} \geq b_{i,n,k}$$

$$X_{i,j,n,k} \geq 0$$

$x_{i,j,n,k}$ : 交通手段  $k$  で発都道府県  $i$  から  $j$  までに運ばれる品目  $n$  の物流量(ton)

$C_{i,j,k}$ : 交通手段  $k$  での発都道府県  $i$  から  $j$  までの輸送 1t 当たりのCO<sub>2</sub>排出量 ( $g \cdot \frac{CO_2}{t}$ )

$a_{j,n,k}$ : 交通手段  $k$  で着都道府県  $j$  までに運ばれる品目  $n$  の合計貨物到着量(ton)

$b_{i,n,k}$ : 交通手段  $k$  で発都道府県  $i$  から運ばれる品目  $n$  の合計貨物発量(ton)

これを、同じ制約条件でコスト最小化を満足するような地域間交易パターンのもとで排出される CO<sub>2</sub> と比較する。

### ③分析 3

本分析では、輸送機関変更を含めた地域生産量・需要量を所与としたときの計算上達成可能な CO<sub>2</sub> 削減量について行った。以下のような線形計画モデルを定式化し CO<sub>2</sub> 排出量と輸送コスト及び輸送機関分担率を推計した。

$$\text{目的関数 } CO_2 \text{ 排出量} = \min \sum_{i=1}^{47} \sum_{j=1}^{47} \sum_{k=1}^3 x_{i,j,n,k} \cdot C_{i,j,k}$$

制約条件

$$\sum_{i=1}^{47} \sum_{k=1}^3 x_{i,j,n,k} \geq a_{j,n}$$

$$\sum_{j=1}^{47} \sum_{k=1}^3 x_{i,j,n,k} \geq b_{i,n}$$

$$x_{i,j,n,k} = \sum_{k=1}^3 P_{i,j,k} \cdot x_{i,j,n,k}$$

$$x_{i,j,n,k} \geq 0$$

$x_{i,j,n,k}$ : 発都道府県  $i$  から  $j$  までに輸送機関  $k$  によって運ばれる品目  $n$  の輸送量 (t)

$C_{i,j,k}$ : 発都道府県  $i$  から  $j$  までに輸送機関  $k$  が排出するCO<sub>2</sub>の量 ( $g - CO_2/t$ )

$a_{j,n}$ : 着都道府県  $j$  までに運ばれる品目  $n$  の合計貨物到着量 (t)

$b_{i,n}$ : 発都道府県  $i$  から運ばれる品目  $n$  の合計貨物発量 (t)

$P_{i,j,k}$ : 発都道府県  $i$  から着都道府県  $j$  までに運ばれる輸送機関  $k$  の分担率

これを、同じ制約条件でコスト最小化を満足するような地域間交易パターンのもとで排出される CO<sub>2</sub> と比較する。

## 4. 結果

各シナリオの CO<sub>2</sub> 排出量を(表-2)に示す。

表-2 シナリオ別総 CO<sub>2</sub> 排出量 (t)

	CO <sub>2</sub> 排出量
現状	34526.69
分析2(CO <sub>2</sub> 最小化)	21173.84
分析2(コスト最小化)	21167.76
分析3(CO <sub>2</sub> 最小化)	13751.07
分析3(コスト最小化)	31033.72

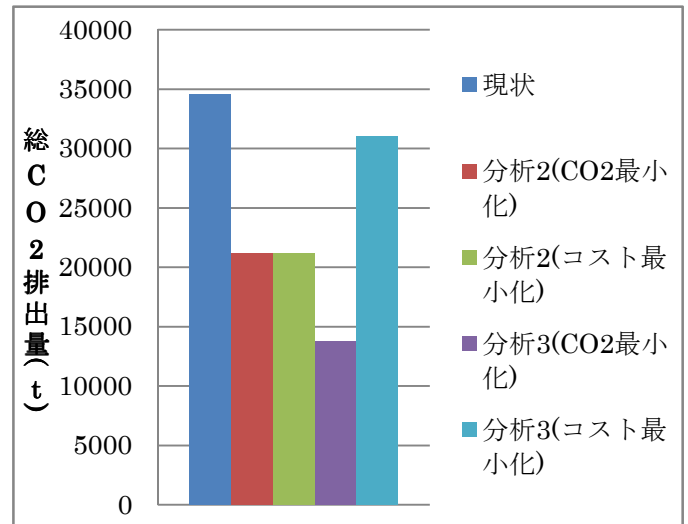


図-1 総 CO<sub>2</sub> 排出量

各シナリオの輸送コストを(表-3)に示す。

表-3 シナリオ別総輸送コスト (百万円)

	輸送コスト
現状	19967.47
分析2(CO <sub>2</sub> 最小化)	15616.26
分析2(コスト最小化)	15479.20
分析3(CO <sub>2</sub> 最小化)	11968.61
分析3(コスト最小化)	6930.14

## 5. まとめ

分析の結果、農水産品輸送におけるモーダルシフトの促進は鉄道・海運輸送にかかるコストがトラックに対してもっと低価格化することが重要である。シナリオ B・C において CO<sub>2</sub> と輸送コストの最小化という事で輸送量の再配分を行ったのだが、実際は経済の原理からしてコスト最小化の方向で輸送量は推移していくと思われる。そのため、CO<sub>2</sub> を効率よく削減していくには鉄道・海運の低価格化はもちろんのこと、トラックに対する輸送サービスの向上が不可欠である。鉄道・海運のトラックに対する競争力を高めていくことが、農産品輸送における効率の良い CO<sub>2</sub> 削減方法である。