

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

Estimating CO2 Emission due to Interregional Trading of Agricultural and Fishery Products for Environmental Burden Reduction Policies

樋上聖悟

指導教員 佐野可寸志・土屋 哲・松本昌二

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 1300t）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 CO₂ 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 8 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 CO₂ 排出量がどの程度削減できるのかを CO₂・輸送コストから分析する。

2. 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 CO₂ 排出原単位を表-1 に示す。

表-1 貨物輸送機関別 CO₂ 排出原単位

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

3. 分析

(1) モーダルシフト施策

まず、機関分担モデルを用いたモーダルシフト施策について考える。ロジックモデルを用いて機関分担を定式化し、CO₂ 排出量を推計する。

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 |

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

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

ただし、 $P_{i,j,k}$, $V_{i,j,k}$, $T_{i,j,k}$, $M_{i,j,k}$ はそれぞれ機関分担率、効用、輸送時間、輸送コストを表す。また、各変数の添字は、 i が発都道府県、 j が着都道府県、 k が輸送機関（トラック、鉄道、海運）を表している。

上式に全国貨物純流動調査の都道府県間流動データを当てはめて未知のパラメータ α , β , γ を推定する。この推定式をもとに、表-2 に示すようなモーダルシフト施策を実施した場合の分担率を求め、次の推定式を用いてモーダルシフト施策施行前後の CO₂ 排出量を推計した。

$$\sum_i \sum_j \sum_k C_{i,j,k} P_{i,j,k} x_{i,j,k}$$

ただし、 $C_{i,j,k}$, $P_{i,j,k}$, $x_{i,j,k}$ はそれぞれ CO₂ 排出量 [g-CO₂/t]、機関分担率、輸送量（流動量）を表す。

分析の結果、表-2 に示すモーダルシフトによる CO₂ の削減率は約 2% という推計値を得た。

(2) 計算上達成可能な CO₂ 削減量の計算

次に、削減率の比較を行うために、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 CO₂ 削減量を線形計画法により求める。すなわち、同一品目の交差取引をなくすなどして総輸送距離を最小化し、その状態での CO₂ 排出量から削減率を推計する。機関分担を考慮しない場合の定式化は、以下ようになる。

$$\begin{aligned} \min_x & \sum_i \sum_j C_{i,j,k} x_{i,j,k} \\ \text{s.t.} & \sum_i x_{i,j,k} = a_{j,k} \\ & \sum_j x_{i,j,k} = b_{i,k} \\ & x_{i,j,k} \geq 0 \end{aligned}$$

ただし、 $a_{j,k}$ 、 $b_{i,k}$ はそれぞれ輸送品の地域別到着量[t] および出荷量[t] であり、各地域の消費需要と生産量に対応している。全国貨物純流動調査からこれらが前もって与えられるとして最適な $x_{i,j,k}$ を求める。この計算の結果、現状の流動状況と比較して 39%の CO₂ 削減率となった。

また、目的関数を輸送コストに置き換えて同様の最小化問題を解き、比較の対象とする。

(3) 計算上達成可能なCO₂削減量の計算（モーダルシフトを考慮）

ここでは、(2)のプロセスで輸送機関の変更を考慮にいれたものを計算する。線形計画モデルは次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} \min_x & \sum_i \sum_j \sum_k C_{i,j,k} x_{i,j,k} \\ \text{s.t.} & \sum_i \sum_k x_{i,j,k} = a_j \\ & \sum_j \sum_k x_{i,j,k} = b_i \\ & x_{i,j,k} = P_{i,j,k} x_{i,j} \\ & x_{i,j,k} \geq 0 \end{aligned}$$

すなわち、地域間取引の流動量のみならず、取引時の輸送交通機関をも選択に入れることでCO₂排出量を最小にする流動パターンを決定する。この結果からCO₂排出量を計算し、削減率が60%まで上がるという結果を得た。もちろん、これまでのすべての計算で表現している地域間取引の最適なパターンは理想的・空想的なものであり、実際にこのような状況を実現させることは極めて困難であるが、こうして得られた削減率は一つの「参照値」として意味をもつであろう。

また、(2)と同様に、目的関数を輸送コストに置き換えて同様の最小化問題を解き、比較の対象とする。

4. 結果

各シナリオ下で推計したCO₂排出量を表-3・図-1に、総輸送コストを表-4に示す。目的関数に総CO₂排出量をとった場合と総輸送コストをとった場合とでは、計算結果に明確な差が見られるケースもあった。これは、近

距離地域間の輸送が必ずしも費用が安くなるとは限らないことを意味しており、都市の規模や道路混雑などを考慮する必要があることを示唆している。

表-3 シナリオ別総CO₂排出量 [t]

| | CO ₂ 排出量 |
|--------------------------|---------------------|
| 現状 | 34526.69 |
| 分析2(CO ₂ 最小化) | 21173.84 |
| 分析2(コスト最小化) | 21167.76 |
| 分析3(CO ₂ 最小化) | 13751.07 |
| 分析3(コスト最小化) | 31033.72 |

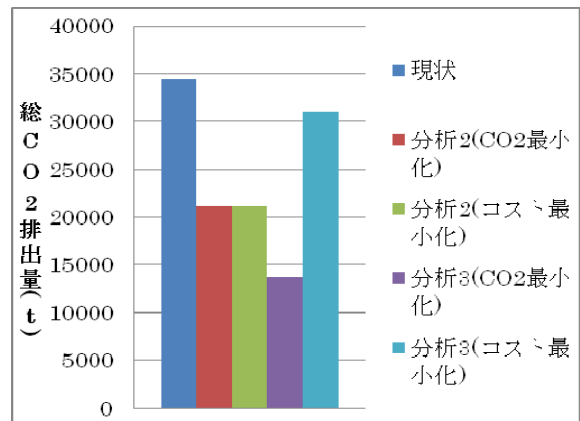


図-1 総CO₂排出量 [t]

表-4 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 ₂ 最小化) | 15616.26 |
| 分析2(コスト最小化) | 15479.20 |
| 分析3(CO ₂ 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。分析(2)、(3)においてCO₂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、CO₂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CO₂削減方法である。