

交通手段利用による時間あたりライフサイクルCO2排出量の推計*

Estimation of Life Cycle CO2 Emissions per Time Unit by Using Transport Means *

工藤祐揮**・小澤寿輔***・田原聖隆****

By Yuki KUDOH**・Toshisuke OZAWA***・Kiyotaka TAHARA****

1. はじめに

地球温暖化対策、とりわけエネルギー起源のCO2排出量削減を図る上で、生産者が機器の製造に伴うCO2排出量の削減と機器の省エネを促進するという技術革新による対策は必要不可欠である。これに加え、消費者が省エネ機器を選択しその使用方法を改善するなど、消費者が環境負荷の小さな消費形態を生活に取り入れること、すなわちライフスタイルの変革によりCO2排出量を削減していくことも合わせて重要であり、京都議定書目標達成計画にも「ライフスタイルやワークスタイルの変革等の国民一人一人の努力は、地球温暖化対策効果を発現させるための原動力である」と位置づけられている。

ライフスタイルの変革によるCO2排出量削減の中でも、特に消費者の自発的な行動 (voluntary action) による効果は短期的に実行可能な対策として着目されており、地球温暖化防止「国民運動」(チーム・マイナス6%)をはじめ、わが家の環境大臣 エコファミリー(環境省)、エコライフガイド(EICネット)、ライフスタイルチェック25(財団法人省エネルギーセンター)や各地方自治体などで、温暖化防止に向けた消費者の具体的な行動事例を例示し、その実践を推奨している。これらの事例には、CO2排出削減量や金銭支出削減量が定量的に示されているが、わたしたちの生活の特定の場面における個々

の環境配慮行動の情報を提示することによってとどまっているため、たとえ消費者がこれらの行動を実践したとしても、個々の行動レベルでのCO2削減効果しか見込めない。一方、消費者に対して日常行動(家計消費支出)と環境影響の関係を提示する手段としては、環境家計簿がある。環境家計簿では家庭での1ヶ月のエネルギー使用量からCO2排出量等を数値として把握できる反面、CO2排出量削減に向けた個々の日常行動のレベルでの具体的な対策を提示することはできない。

わたしたちは1人1日24時間という限られた時間の中で日常の行動を行うため、それぞれの行動の時間あたりのCO2排出量を把握することは、わたしたちの自らの行動とCO2排出量の変化を知る上で有効な指標となるものと考えられる。

現代社会において運輸は経済社会活動の基盤であり、人間生活には必要不可欠な存在である一方で、交通手段によりエネルギーが多量に消費されCO2が排出されている。家庭でのエネルギー使用に伴う直接CO2排出量に占める自動車燃料の割合は約4割¹⁾にも上る一方で、交通手段での移動に伴う通勤時間は1時間18分、通学時間は1時間12分(いずれも文献²⁾の2005年全体平均)にしか過ぎない。通勤・通学以外にも交通手段を利用した移動に伴う行動は存在するが、これらを含めても日常生活の中で交通手段での移動による単位時間あたりのCO2排出量は、その他の行動と比べて大きいことが推測される。したがって、交通行動転換というライフスタイルの変革を行うことによる私たちの日常行動におけるCO2排出量削減効果は、非常に大きいものであると考えられる。

従来、交通行動転換によるCO2排出削減策の検討は、輸送量や移動距離あたりのCO2排出原単位を用いて評価されることが多かった。本稿ではわたしたちが1日24時間の中で行うさまざまな行動の中で特に移動に着目し、時間利用の変化を伴う交通行動転換を行った場合の日常行動におけるCO2排出削減の可能性を検討するための基礎的な指標を算出することを目指し、文献³⁾で構築された枠組を用いて、交通手段の利用による時間あたりCO2排出量の推計を行った。

*キーワード: ライフスタイル、交通手段、時間あたりCO2排出量

**正員、工博、産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター

(茨城県つくば市小野川16-1、

TEL029-861-8032、FAX029-861-8118)

***非会員、理博、産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター

(茨城県つくば市小野川16-1、

TEL029-861-8027、FAX029-861-8118)

****非会員、工博、産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター

(茨城県つくば市小野川16-1、

TEL029-861-8789、FAX029-861-8118)

2. 時間あたりCO2排出量の推計

交通手段利用による時間あたりCO2排出量は、現在入手できる各交通手段の最新の統計を用いて推計した輸送量あたりLCCO2排出量と平均移動速度を用いて、式(1)から算出する。

$$\begin{aligned} & \text{交通手段利用時間あたりCO2排出量[g-CO2/hr]} \\ & = \text{輸送量あたりLCCO2排出量[g-CO2/人km]} \quad (1) \\ & \quad \times \text{平均移動速度[km/hr]} \end{aligned}$$

エネルギー消費に伴うCO2排出量を算出するために使用した、各種エネルギーのCO2排出係数は表-1に示す。

交通手段別の輸送量あたりCO2排出量と平均移動速度は、それぞれの手段を利用する地域の交通状況や公共交通機関事業者の輸送実績などによって異なるため、地域によって交通手段利用時間あたりのCO2排出量は大きく変わってくる。しかし、本稿で分析対象とする交通手段には、それぞれの手段の代表的な利用実態に基づいてCO2排出量を算出することを目的としたため、同じ交通手段でも利用する地域や事業者によるCO2排出量の違いはないものとした。

(1) 分析対象交通手段とシステム境界

本稿で時間あたりCO2排出量の推計を行った交通手段は、自家用軽乗用車、自家用乗用車、営業用乗用車、営業用バス、新幹線、旅客鉄道、地下鉄、路面電車、航空機（国内輸送）の9つの旅客交通である。これらの交通手段のライフサイクルにおけるシステム境界は図-1に示すように、交通手段製造、インフラ建設、使用（運用）、維持・補修、廃棄の5つの段階から構成され、それぞれの段階でCO2が排出される。本稿では分析対象とする交通手段利用の直接的な家計消費支出に伴うCO2排出量を算出することを目的とするため、公共交通機関については使用段階でのCO2排出量のみに着目する。また自家用軽乗用車・自家用乗用車についてはデータの制約上、車両製造と使用段階のCO2排出量を用いる。

(2) 各交通手段の輸送量あたりCO2排出量

a) 自動車

自家用軽乗用車、自家用乗用車、営業用乗用車、営業用バスについては、自動車輸送統計年報⁹⁾の平成16年度旅客輸送量と燃料消費等総括表から算出した輸送量あたりCO2排出量を表-2に示す。

文献⁵⁾で算出した、1,500ccクラス乗用車（車両重量1,081kg）1台あたりの製造時CO2排出量は4.72t-CO2であった。本稿では自家用軽乗用車、自家用乗用車の平均重量としてそれぞれ750kg⁶⁾、1,186kg⁷⁾を採用し、乗用車製造時のCO2排出量は車両重量に比例するもの考え、文献

表-1 各種エネルギーのCO2排出係数

エネルギー	CO2 排出係数	単位
ガソリン 航空ガソリン	2.31	kg-CO2/L
軽油	2.61	kg-CO2/L
LPG	1.71	kg-CO2/L
ジェット燃料	2.46	kg-CO2/L
平均電源構成 電力	0.421	kg-CO2/kWh

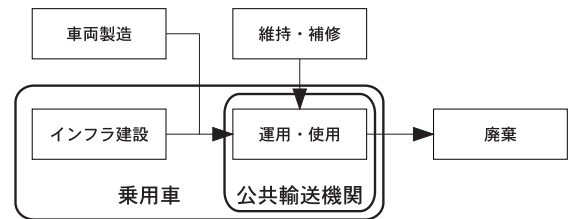


図-1 本研究でのシステム境界

表-2 自動車の輸送量あたりLCCO2排出量

種類	LCCO2 排出量 [g-CO2/人 km]	車両製造 寄与分
自家用軽乗用車	185	16.4%
自家用乗用車	215	15.3%
営業用乗用車	404	
営業用バス	89.1	

表-3 鉄道・航空機の輸送量あたりCO2排出量

種類	CO2 排出量[g-CO2/人 km]
新幹線	23.8
旅客鉄道	18.2
地下鉄	17.3
路面電車	51.9
航空機	109

⁵⁾の製造時CO2排出量を用いて自家用乗用車、自家用軽乗用車製造時のCO2排出量を算出した。ここで、自家用乗用車、自家用軽乗用車の2006年度末における保有台数はそれぞれ1,348千台⁸⁾、4,278千台⁹⁾であり、また平均使用年数は両車とも11.1年¹⁰⁾とした。

b) 鉄道

表-3に示す鉄道の輸送量あたりのCO2排出量は、鉄道統計年報¹¹⁾の平成16年度運輸成績表と運転用電力、燃料、油脂消費額表に基づき、以下の点を考慮して算出した。

- ・新幹線輸送に伴う電力消費量は、事業者別運転用電力量と、各新幹線事業者の社会環境報告書および環境報告書^{12)~14)}に掲載されている新幹線と在来線の運転用エネルギー内訳から推計を行った。なお、九州新幹

線についてはデータの制約上、旅客鉄道として分類した。

- ・地下鉄、路面電車については、それぞれの交通手段の単独事業者の輸送量と電力・軽油消費量実績値から算出した。
- ・各鉄道事業者各線のデータのうち、上記の新幹線、地下鉄、路面電車に分類されなかった鉄道各線を、旅客鉄道として分類した。ただし、観光鉄道、貨物鉄道は除いた。

c) 航空機

交通関係エネルギー要覧¹⁵⁾に掲載されている平成15年度国内線航空定期旅客エネルギー消費実績のジェット燃料油、航空ガソリンと、航空統計要覧¹⁶⁾の2005年度日本民間航空定期輸送実績(国内線)から、航空機国内輸送量あたりのCO2排出量を算出した(表-3)。

(3) 各交通手段の平均移動速度

表-4に、本稿で用いた各交通手段の平均移動速度を示す。各手段の平均移動速度は以下の通り算出した。

a) 自動車

道路交通センサス自動車起終点調査データ¹⁷⁾のトリップデータから算出した軽乗用車、乗用車、バスの全国市区町村別平均旅行速度¹⁸⁾を、全国に再集計した値を用いた。具体的な算出方法は以下の通りである。

- ・平休日別のトリップデータのうち、「運行・運休」の分類が「運休」のデータおよび、出発時刻、到着時刻、区間距離が不明なデータを除外する。
- ・整理番号、自動車記号、車種ごとにトリップデータを集計し、平均旅行速度を算出する。
- ・車種ごとの平均旅行速度のうち、Grubbs検定により外れ値とみなされるデータを除外する。
- ・残りの全データの1日の走行距離の総和と1日の走行時間の総和から、拡大係数を考慮して車種別の平均旅行速度を算出する。

b) 鉄道

新幹線については、2006年冬時点の時刻表に掲載されている各新幹線のデータのうち、臨時列車以外の全列車の起終点間の総所要時間と総走行距離から算出した表定速度を用いた。路線により、また同じ路線でも列車の種類や起終点駅、時間帯によって新幹線の速度は大幅に異なる。参考として、以下に路線ごとの表定速度の平均値と最小値、最大値を示す。東海道・山陽新幹線：平均182km/hr(最小94.8km/hr、最大265km/hr)、東北・山形・秋田新幹線：平均149km/hr(最小85.8km/hr、最大215km/hr)、上越・長野新幹線：平均137km/hr(最小95.5km/hr、最大207km/hr)

旅客鉄道と地下鉄の表定速度は文献⁹⁾を参考に決定し、

表-4 各交通手段の平均旅行速度

種類	平均旅行速度[km/hr]
自家用軽乗用車	25.6
自家用乗用車	27.7
営業用乗用車	27.7
営業用バス	38.4
新幹線	169
旅客鉄道	50.0
地下鉄	32.5
路面電車	16.0
航空機	568

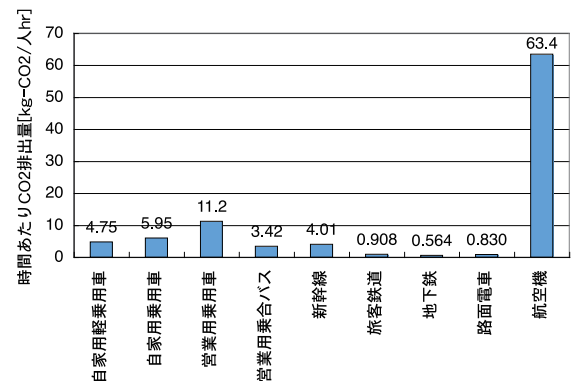


図-2 各交通手段の時間あたりCO2排出量

路面電車については文献²⁰⁾の値を用いた。

c) 航空機

航空統計要覧¹⁶⁾の2005年度日本民間航空定期輸送実績(国内線)の、総飛行距離を総飛行時間で除した値を航空機の平均旅行速度として採用した。

(3) 各交通手段の時間あたりCO2排出量

式(1)を用いて算出した、各交通手段の時間あたりCO2排出量を図-2に示す。輸送量あたりのCO2排出量が小さい営業用乗合バスと鉄道は、時間あたりのCO2排出量についても自家用軽乗用車、自家用乗用車よりも小さくなる。また高速移動可能な航空機は、他のどの交通手段よりも時間あたりのCO2排出量が大きくなる。これは、水平方向に高速移動することに加え鉛直方向に上昇するためのエネルギー投入が必要とされるため、短時間のうちにCO2排出量が大量に排出されるためである。

3. おわりに

消費者の行動とそれに起因するCO2排出量の関係を定量化することを目指し、その基礎段階として本稿では日常行動の時間あたりCO2排出量が他の行動と比べて大きいと考えられる移動に着目し、各種交通手段利用の

時間あたり CO2 排出量の算出を行った。算出結果から、バス、鉄道の時間あたり排出量は自家用軽乗用車、乗用車よりも小さくなる一方で、起終点間を短時間で高速移動可能な航空機は、他のどの交通手段よりも時間あたり排出量が大きくなる傾向を確認できた。

交通手段の CO2 排出量については、例えば自動車よりも公共輸送機関の方が環境負荷は小さいといった情報が幅広く普及している今日では、多くの消費者がこれを事実として認識している可能性が高い。これと同時に、本稿で算出した日常行動と CO2 排出量の関係を定量的に示し、行動とそれに起因する時間あたりの CO2 排出量の大きさに対する「感覚的なものさし」を持ってもらうことは、消費者の voluntary action による環境負荷の小さいライフスタイルの設計に役立つものと考えられる。

参考文献

- 1) 中村昌広, 乙間末廣: 「家庭における自動車燃料の消費量とそれに由来する二酸化炭素排出量の推計」, エネルギー・資源, Vol.28, No.1, pp.49-55, 2007.
- 2) NHK放送文化研究所: 「2005年生活時間調査報告書」, 2006.
- 3) 南波泰昌, 田原聖隆, 小澤寿輔, 稲葉敦, 茂呂端生: 「消費行動起因CO2排出量の算出」, 第2回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp.126-127, 2007.
- 4) 国土交通省総合政策局情報管理部: 各年度「自動車輸送統計年報」
- 5) Kudoh, Y., Moriguchi, Y., Matsubashi, R. and Yoshida, Y.: "LCCO2 Emissions from Public Transportation Systems", Journal of Asian Electric Vehicles, Vol.1, No.1, pp.259-266, 2003.
- 6) 社団法人全国軽自動車協会連合会: 「軽自動車の環境特性」, <http://www.zenkeijikyo.or.jp/introduction/3.html>
- 7) 財団法人省エネルギーセンター: 「運輸部門のエネルギー消費動向について」,

<http://www.eccj.or.jp/transportation/2-1-1-2.html>

- 8) 社団法人全国軽自動車協会連合会: 「市区町村別軽自動車車両数(平成17年3月末現在No.27)」
- 9) 財団法人自動車検査登録協力会: 「初度登録年別自動車保有車両数No.33」(平成17年3月末現在)
- 10) 財団法人自動車検査登録協力会: 「わが国の自動車保有動向 平成17年版」
- 11) 社団法人政府資料等普及調査会: 「鉄道統計年報 平成16年度」
- 12) 東日本旅客鉄道株式会社: 「JR東日本グループ社会環境報告書2006」
- 13) 東海旅客鉄道株式会社: 「2003 JR東海・環境報告書」
- 14) 西日本旅客鉄道株式会社: 「JR西日本環境報告書2006」
- 15) 国土交通省総合政策局情報管理部: 各年版「交通関係エネルギー要覧」
- 16) 財団法人日本航空協会: 「航空統計要覧 2006年版」
- 17) 国土交通省道路局: 「平成11年度道路交通センサス-自動車起終点調査-」, 2001.
- 18) 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一: 「市区町村の運輸部門CO2排出量の推計手法に関する比較研究」, 環境システム研究論文集, Vol. 32, pp.235-242, 2004.
- 19) 森地茂: 「調査研究の枠組みと鉄道政策の方向性」, 「鉄道政策の新たな展開に向けてー鉄道整備基礎調査報告シンポジウムー」講演資料, http://www.jterc.or.jp/tetudo_shinpo3_4/morichi.pdf, 2003.
- 20) 渡辺由紀子, 長田基広, 加藤博和: 「波及効果を考慮したLRTシステム導入の環境負荷評価」, 第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp.90-91, 2005.