

算出方法に着目した自動車交通部門における CO₂ 排出量の比較分析*

A comparison of CO₂ emissions from automobile traffic section regarding calculation methods*

村田洋介**, 青山吉隆***, 中川大****, 松中亮治*****

By Yosuke Murata, Yoshitaka Aoyama, Dai Nakagawa, Ryoji Matsunaka

1. はじめに

近年地球温暖化の進行に伴い、CO₂ 排出量削減に向けた政策が各分野で実施されており、その中でも運輸部門、特に自動車交通による CO₂ 排出量削減の対策が急務となっている。このような現状においては、自動車交通部門での CO₂ 排出量を正確に把握することが必要不可欠であるが、実際にはその算出方法は多数あり、それぞれから算出される排出量の値は一般に一致しない。

自動車輸送による CO₂ 排出量の算出方法は、大きく分けて、燃料消費量に基づく方法(トップダウン手法)と走行キロ数に基づく方法(ボトムアップ手法)がある。

燃料消費量に基づく算出方法は、一般的な国別 CO₂ 排出量統計で用いられているものである。そのため、わが国の交通及び自動車交通からの CO₂ 排出量の全体を把握する場合や、CO₂ 排出量統計データを用いて国際間比較を行う場合などに用いられる。しかし、CO₂ 排出量と交通混雑や環境税などの個別の社会問題や公共政策との関連を論じるためには、個々の自動車の走行状態を反映している走行キロ数に基づく算出方法を用いることが必要である。

このように、両手法にはそれぞれ特徴があるものの、両者の値は一般には一致しないため CO₂ 排出量に対する議論が正確に行われられない場合もある。そこで、本研究では、まず、国際間比較などで用いられる燃料消費量に基づく CO₂ 排出量統計を吟味し、算出方法によって値が異なる場合が少なくないことを

*Key words: 地球環境問題、自動車保有・利用

**学生員, 京都大学大学院工学研究科

(京都市左京区吉田本町 TEL&FAX 075-753-5759)

***フェロー, 工博, 京都大学大学院工学研究科

****正会員, 工博, 京都大学大学院工学研究科

*****正会員, 工博, 岡山大学環境理工学部

(岡山市津島中3丁目1番1号 TEL&FAX 086-251-8921)

表1 CO₂排出量統計を公表している機関

略称	正式名称	日本語名	備考
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国際連合事務局気候変動に関する枠組み条約事務局	国連事務局の附属機関
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関	OECDの附属機関
CDIAC	Carbon Dioxide Information Analysis Center of the Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A	アメリカ合衆国オークリッジ国立研究所二酸化炭素情報分析センター	アメリカ合衆国国立研究所

明らかにする。次に、わが国の自動車交通に関する統計を用いて、走行キロ数に基づく方法で CO₂ 排出量を算出し、その算出結果を燃料消費量から求めた CO₂ 排出量と比較する。

2. 燃料消費量に基づく CO₂ 排出量の算出方法

燃料消費量に基づく CO₂ 排出量の算出方法は、一般的な国別 CO₂ 排出量統計に用いられている方法である。国別 CO₂ 排出量の統計は複数の機関によって公表されており、それぞれの値は必ずしも一致していない。しかしながら、既存の文献及び研究においては、CO₂ 排出量データの公表機関や算出方法が明記されないまま用いられているなど算出方法について十分な注意が払われているとは言えない状況である。そこで、各機関が公表している CO₂ 排出量統計を吟味する。

(1) 国別 CO₂ 排出量統計の整理

まず、CO₂ 排出量の統計を公表している国際的機関に関して、(a)公表機関の概要、(b)算出に用いている排出・吸収源、(c)算出方法、(d)各統計の公表年次及び対象国を順に整理する。

(a) 統計公表機関の概要

化石燃料の燃焼による CO₂ 排出量統計を公表している主要な機関は UNFCCC, IEA, CDIAC の3つであり、それらを表1に整理する。

表2 主要なCO₂の排出・吸収源

CO ₂ 排出・吸収源		
国別CO ₂ 排出量に含める排出源	I エネルギー	A 化石燃料の燃焼
		B 化石燃料からの漏出
	II 産業の工程(化学産業、金属生産での排出)	
	III 溶剤その他製品の利用	
	IV 農業(農用地の土壌からの排出)	
	V 土地利用の変化及び森林での排出及び吸収	
	VI 廃棄物(廃棄物の焼却による排出)	
VII その他		
国別CO ₂ 排出量に含めない排出源	VIII 国際輸送における排出	
	IX 多数国家が参加する活動による排出	
	X バイオマスエネルギーからの排出	

表2 及び参考文献 1)を翻訳のうえ転載

(b)算出に用いている排出・吸収源

表2に主要なCO₂の排出源を示す。この表に示した排出源は、気候変動の科学的研究の現状と知見を評価する機関であるIPCCによって定められたガイドライン²⁾に示されているものである。本研究では、次章で述べる自動車走行キロ数に基づく算出方法との比較を行うことも考慮して、排出部門の中で最も排出量の多い化石燃料の燃焼によるCO₂排出量について考察する。

(c)化石燃料の燃焼によるCO₂排出量の算出方法

化石燃料の燃焼によるCO₂排出量の算出方法は、簡潔にまとめると以下の式で表すことができる。

$$(CO_2 \text{ 排出量: } GgCO_2) =$$

$$(エネルギー使用量 : TJ) \times (排出係数: GgCO_2/TJ)$$

また、化石燃料の燃焼によるCO₂排出量の算出方法は、上式においてエネルギー使用量に用いるエネルギー統計データの種類により2種類に分類される。

一つ目は、エネルギー使用量のデータにエネルギー供給量を用いたものであり、reference approachと呼ばれている。二つ目は、エネルギー使用量のデータにエネルギー消費量を用いたものであり、sectoral approachと呼ばれている²⁾。

このreference approachとsectoral approachでの算出結果は、理論上は一致するはずであるが、統計誤差などにより一致しない。一般的にデータの精度は、reference approachの方が高いとされているが、産業部門や交通部門といった部門ごとのCO₂排出量を求める場合には、sectoral approachを用いなければならない。各機関の算出方法を整理したものを表3に示す。

表3 各機関のCO₂排出量算出方法の整理

CO ₂ 排出量データ公表機関	算出方法	排出係数	算出の際に用いるエネルギー統計
UNFCCC	sectoral approach	IPCCガイドラインを基に各国が改良を加えた排出係数	各国のエネルギー統計
IEA	reference approach	IPCCガイドライン	IEAのエネルギー統計
	sectoral approach		
CDIAC	reference approach	Marland(1984)	UN energy statistics yearbook

表4 CO₂排出量統計の整理

公表機関	排出源及び算出方法		年次	対象国・地域数		
	排出源	算出方法		先進国	途上国	計
UNFCCC	化石燃料の燃焼	sectoral approach	1990～	39	(82)	(121)
	化石燃料の燃焼以外	-				
IEA	化石燃料の燃焼	reference approach	先進国：1960～ 途上国：1971～	39	98	137
		sectoral approach				
CDIAC	化石燃料の燃焼	reference approach	国により異なる 英：1751～ 日：1868～	39	184	223
	セメント製造ガスのフレア燃焼	-				

表3 及び表4は参考文献1)～5)など計14の資料より作成

(d)公表年次及び対象国

- ① 各機関が公表しているCO₂排出量統計の年次・対象国等を以下に示す。UNFCCCは、各国がIPCCガイドラインを基に各国が改良を加えた方法で算出し、UNFCCCに報告書として提出したものを公表している。
 - ② UNFCCCのCO₂排出量統計は、途上国のデータが82カ国分あることになっているが、実際それらの途上国データは、全ての年次、全ての排出源についてのデータがそろっている訳ではなく、UNFCCCの途上国の統計データは乏しい。
 - ③ IEAの統計では、reference approachとsectoral approachの両方の算出方法によるCO₂排出量データを入手することができる。
 - ④ CDIACのCO₂排出量統計は、長期間の時系列データを得ることができる。例えば、イギリスでは、1751年以降のデータを得ることができる。
- 以上(a)～(d)を整理したものを表4に示す。

(2)CO₂排出量統計データ間の相違

本節では、前節で整理したCO₂排出量統計間でどの程度統計値が異なるのかを分析する。図1には、世界全体の化石燃料の燃焼によるCO₂排出量を示し

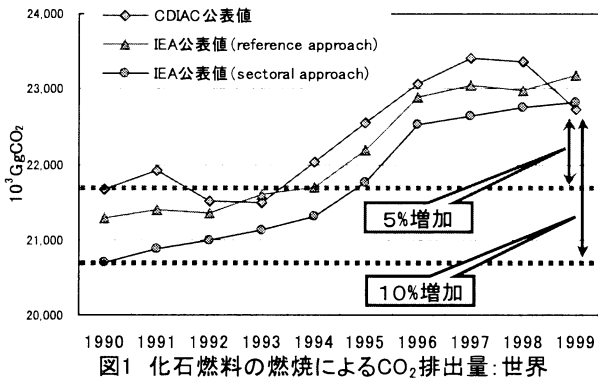


図1 化石燃料の燃焼によるCO₂排出量:世界

表5 各使用条件下における使用可能なCO₂排出量統計

	使用条件				
	先進国のみ分析			途上国を含めた分析	
分析を行う年	～1959	1960～	1990～	～1970	1971～
国全体のCO ₂ 排出量統計の使用	CDIAC	IEA(R) CDIAC	IEA(R) CDIAC	CDIAC	IEA(R) CDIAC
部門ごとのCO ₂ 排出量統計の使用	-	IEA(S)	IEA(S) UNFCCC	-	IEA(S)

(R)はreference approachを、(S)は sectoral approach を示す。

ている。統計データによって、値が異なっており、CO₂排出量の増加率など、統計から得られる知見に相違が生じる可能性があることがわかる。

(3)統計使用時における留意点

前節に示したように、CO₂排出量統計は算出方法によって異なっているため、統計使用時における目的等に応じて下記の点に留意する必要がある。

- ① UNFCCC 統計では、途上国の CO₂ 排出量統計データが乏しいので、途上国を含んだ国際間比較を行う場合は、UNFCCC 統計の使用は困難である。
- ② 国ごとの化石燃料の燃焼による CO₂ 排出量の総量の統計データを使用する場合には、一般的に sectoral approach よりも reference approach のほうが精度がよいとされているので、reference approach による CO₂ 排出量統計を使用するのが適切である。

以上を整理したものを表5に示す。

3. 自動車走行キロに基づく CO₂ 排出量算出方法

前章での分析では、燃焼消費量に基づく算出方法による CO₂ 排出量統計を比較した。しかし、先述したように、個別の社会問題や公共政策との関連を論じるためには、個々の自動車の走行状態を反映でき

る走行キロ数に基づく算出方法を用いる必要がある。

そこで、自動車走行に基づく CO₂ 排出量を算出し、燃料消費量から求めた CO₂ 排出量と比較検証する。

(1)前提条件

本研究では、自動車走行に基づく CO₂ 排出量を『道路投資の評価に関する指針(案)』⁶⁾及び『燃料消費効率化改善に関する調査報告書』⁷⁾を参考にして、以下の前提のもと、道路交通センサス⁸⁾と自動車輸送統計年報⁹⁾のデータを用いて算出する。

(a)車種

道路交通センサスの4車種区分のうち「普通貨物車」「小型貨物車」「バス」を大型車とし、「乗用車」を小型車とした。

(b)平日・休日日数。

年間の平日数を243日、休日数を122日とした。

(c)原単位

自動車走行距離1km当たりのCO₂排出量を『道路投資の評価に関する指針(案)』に示されている算出式より求めた。図2に示すような近似曲線によって算出する。この近似曲線の式を以下に示す。

(i)大型車1台当たりCO₂排出量(決定係数=0.99)

$$c_{i,m,H} = 0.0356v_{i,H}^6 - 1.092v_{i,H}^5 + 13.578v_{i,H}^4 - 88.087v_{i,H}^3 + 327.21v_{i,H}^2 - 738.44v_{i,H} + 1355.7$$

.....式(1)

(ii)小型車1台当たりCO₂排出量(決定係数=0.99)

$$c_{i,m,H} = 0.0382v_{i,H}^6 - 1.11v_{i,H}^5 + 13.039v_{i,H}^4 - 79.801v_{i,H}^3 + 275.74v_{i,H}^2 - 549.38v_{i,H} + 704.46$$

.....式(2)

ここで、

$c_{i,m,H}$: リンク*i*1km当たりの車種*m*1台当たりのCO₂排出量(gCO₂/台/km)

$v_{i,H}$: リンク*i*の自動車平均走行速度(km/時)

但し、 $10 \leq v_{i,H} \leq 80$ とする。

H : 平日の場合 n 、休日の場合 s

(d)拡大係数

道路交通センサスのデータは、主に県道以上を対象としている。そのため、道路交通センサスの自動車走行キロを自動車輸送統計年報のものと比較すると、3割ほど小さくなっている。そこで、自動車輸送統計年報の交通量(台キロ)に対する道路交通センサスの交通量(台キロ)の比を拡大係数として、道路交

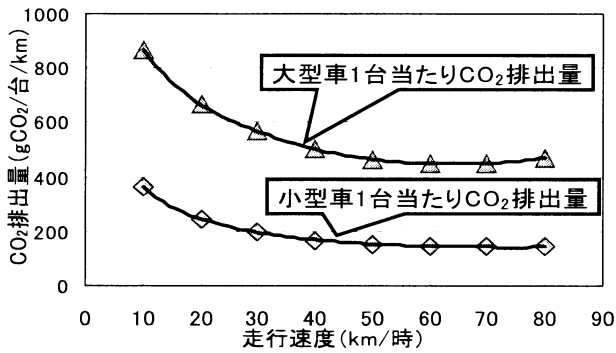


図2 走行速度別CO₂排出量

通センサスから求めた CO₂ 排出量に拡大係数を乗じたものを総 CO₂ 排出量とする。

(2)算出式

総 CO₂ 排出量は前節で示した 1 台当たり CO₂ 排出量の算出式を用いて以下のように算出する。

$$C = k \times \left\{ D_n \times \sum_i \sum_m c_{i,m,n} \times Q_{i,m,n} \times L_i + D_s \times \sum_i \sum_m c_{i,m,s} \times Q_{i,m,s} \times L_i \right\}$$

- C : 総 CO₂ 排出量(GgCO₂)
- c_{i,m,n}, c_{i,m,s} : 式(1)(2)で算出した CO₂ 排出量原単位
- Q_{i,m,H} : リンク i における車種 m の交通量(台/日)
- L_i : リンク i の延長(km)
- m : 車種 (大型車もしくは小型車)
- k : 拡大係数
- i : リンク (i=1, ..., 35448)
- D_n : 平日日数 (243 日)
- D_s : 休日日数 (122 日)

(3)算出結果及び燃料消費量に基づく方法との比較

この算出式より求めた 1999 年度の道路交通による CO₂ 排出量を算出結果 1 として、図 3 に示す。図 3 では、算出方法 1 を IEA 統計(道路交通による CO₂ 排出量)⁵⁾及び自動車輸送統計年報⁹⁾の自動車輸送による燃料消費量から燃料消費量に基づく方法により本研究で算出したものと比較している。IEA の統計は、1999 年(1 月~12 月)の値である。算出方法 1 の値は、IEA 統計に対し約 9%、自動車輸送統計年報から求めたものに対し約 4%値が大きくなっている。

(4)走行速度による影響の分析

前節での CO₂ 排出量の算出では、自動車走行速度として最も燃費が悪いと考えられる混雑時のものを

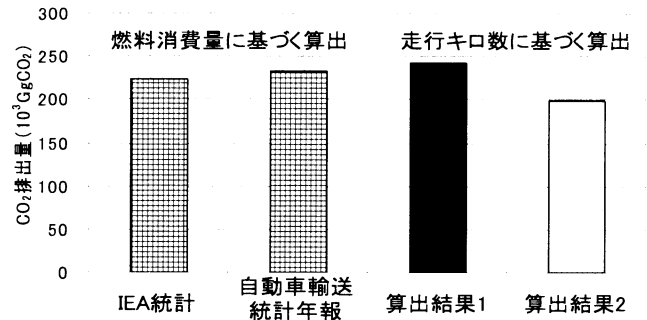


図3 燃料消費量と走行キロ数に基づくCO₂排出量の比較

用いているため、CO₂ 排出量が大きく算出された可能性がある。そこで、本節では各リンクの指定最高速度を用いて CO₂ 排出量を算出した。その結果、算出結果 1 よりも約 20%、IEA 統計に対して約 11%、自動車輸送統計年報から求めたものに対して約 15%値が小さくなっている。これを算出結果 2 とし、図 1 に示す。算出結果 1 と 2 は、走行速度の面からみたときの排出量の上限值と下限値を示すものと考えられる。

4. まとめ

本研究の成果を以下にまとめる。

- ① 既存の CO₂ 排出量統計及び化石燃料の燃焼による CO₂ 排出量統計の算出方法を調査し、各統計の特徴を整理した。そして、算出方法の違いによって CO₂ 排出量統計から得られる知見に相違が生じる可能性のあることを示した。また、CO₂ 排出量統計使用時の留意点を指摘した。
- ② 自動車走行キロから CO₂ 排出量を算出し、燃料消費量から算出した CO₂ 排出量との比較を行い、走行キロ数に基づく算出方法の走行速度の面からみたときの排出量の上限值と下限値を示した。

【参考文献】

- 1)IPCC/OECD/IEA : Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1997.
- 2)UNFCCC : UNFCCC guidelines on reporting and review,2000.2
- 3)CDIAC : Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions
- 4)UNFCCC : UNFCCC Greenhouse Gas Inventory Database
- 5)OECD/IEA : CO₂ emissions from fuel combustion:1971-1999, 2001.
- 6)道路投資の評価に関する指針検討委員会 : 道路投資の評価に関する指針(案),(財)日本総合研究所, 1998.6
- 7)(財)省エネルギーセンター : 燃料消費効率化改善に関する調査報告書, 1998.3
- 8)建設省道路局 (編) : 道路交通センサス, 1999
- 9)運輸省運輸政策局情報管理部統計課 (編) : 自動車輸送統計年報(平成11年度分), 2000.9