

旅客交通の大気汚染排出原単位に関する比較考察 A Comparison of Emission Values of Air Pollutant from Transport

石田東生*小島宗隆**岩倉成志***七元広宣****

By Haruo ISHIDA Mune KOJIMA Seiji IWAKURA Hiro NANAMOTO

1. はじめに

交通機関から排出される大気汚染の削減方を定量的に評価した研究レポートが数多く提出されているが、各レポートは各々独自もしくは特定の既存資料の排出原単位が利用されている。

交通部門は、異なる交通機関によって市場が形成されており、排出原単位の設定次第で、排出量削減策の効果が異なってくることが容易に想像される。

この結果、地域規模の環境影響評価や地球規模の汚染排出量削減目標について同じ前提条件下で議論することが難しく、削減方策のメニュー自体にも影響を及ぼすこととなろう。

このため本稿では、参考文献欄に示す11のレポートを用いて、汚染排出原単位の比較し、それらの相違の原因について検討を行うことを目的とした。

なお、本稿の対象領域は、旅客交通であり、交通機関としては航空機、鉄道、乗用車を取り扱った。また移動による発生のみを対象としており、車両製造、廃棄、インフラ建設に伴う環境汚染排出は対象としていない。大気汚染物質は、 NO_x 、 SO_x 、 CO および CO_2 を対象とした。

2. 排出原単位の算定方法

各交通機関ごとの排出原単位の算出は、以下の様な方法で行われている。自動車については、代表的な試験車から直接、排出ガスを測定する方法（以下、試験車測定）と大気汚染物質の総排出量を算出し、輸送人キロで除して算定する方法（以下、マクロ推計）とがある。鉄道、航空機についてはマクロ推計

で算出されている。

試験車測定は、車種、規制年次、車令等を考慮した代表的な試験車をシャーシダイナモにかけて測定している。排出量は、車両諸元の他、走行状態、道路構造等に影響されるが、これらの要因を分解して測定することが困難なため、代表的な道路区間を試験的に走行する実走行モードを設定している。ダイナモ試験から得られた測定値は、走行速度を従属変数とする回帰分析を行い、速度別の排出原単位が算定される。

試験車測定によって算出される排出原単位に、影響を及ぼす要因としては、対象とする車種の排出規制年次、車種区分、対象とする燃料種別、走行状態、回帰モデルの式形など複数の影響があげられる。

マクロ推計の方法については、交通機関、汚染物質別に算定方法が異なる。自動車は CO_2 のみ適用しており、燃料消費量から燃料区分別に CO_2 排出係数 (g/cal) を乗じて総排出量を算定し、輸送人キロを用いて原単位を算出する方法が一般的である。

鉄道の CO_2 排出量については、直接排出と電力消費による間接排出が測定されている³⁾。主な CO_2 発生限は、電力消費によるもので、熱消費量の90%を占めている。電力消費量の算出¹¹⁾に際しては、電力会社の実勢の発電種別別（火力、原子力、水力）に CO_2 排出量を算定している。 NO_x 、 SO_x 排出量¹¹⁾は、重油に含まれる窒素分、硫黄分から重油1kg当りの排出原単位を算出している。 SO_x は排煙脱流装置の普及を考慮している。

航空機については、ジェット燃料1リットル当りの NO_x 、 SO_x 排出量およびジェット燃料1リットル当りの炭素含有量から推計¹¹⁾している。

マクロ推計による排出原単位に影響を及ぼす要因としては、 CO_2 はエネルギー消費率の設定値、発電種別の設定の他、輸送力データと輸送需要データの

キーワード：環境計画、総合交通計画、地球環境問題

*正会員 工博 筑波大学社会学系

(つくば市天王台1-1-1 TEL0298-53-5591)

**正会員 工修 日本鉄道建設公団関東支社

***正会員 工博 (財) 運輸経済研究センター

(港区虎ノ門3-18-19 TEL03-5470-8405)

****正会員 (株) 日本総合研究所 サイエンス事業部

精度があげられる。

3. 排出原単位に及ぼす影響要因

ここでは先述した原単位に及ぼす影響要因について考察する。本稿で取り上げた11の参考文献において、原単位設定に影響を及ぼしていると考えられる要因を表1に示す。ここで取り上げた要因は、主に試験車測定に対する項目である。推定式は4種類、規制年次設定は2種類、対象車種、燃料は3種類が得られている。

以下では、各要因ごとに影響の程度を見てみたい。まず推定式であるが、Vが走行速度、a～dがパラメータを表す。各パラメータの大きさにもよるが、タイプA、B、Cの順に速度に対する感度が高くなると考えられる。なおタイプDは、COの推定式である。

パラメータ値もしくは速度別原単位が得られている参考文献を元にNOxの原単位を図化したものが図1である。図中の英字と番号は推計式のタイプと文献番号を示す。式形によって弾性値が異なることや極小値の速度が異なる様子がわかる。極小値についてはタイプAが20km/h、タイプBが12.5km/h、タイプCが15km/hとなっている。式形およびパラメータ推定値によって、排出量削減のためのシナリオに影響を及ぼす可能性もある。なお、A-2のモデルはサンプル数および相関係数が報告されており、昭和53年規制ガソリン車がサンプル数954、相関係数0.554となっている。モデルの精度が充分でないことがわかる。これは他の文献についても同じ様な傾向にあるようである。

次に対象車種の車令が及ぼす影響についてであるが、参考文献では平成2年の車令構成を設定して算定したものと昭和53年規制の車種のみを対象としたものがある。図2は、NOx、COについて規制年次を追って、どの程度排出量が削減されてきたかをみたものである¹⁾。昭和48年以前の未規制時に比べて、昭和53年規制時点では、NOx、CO共に大幅に削減されている様子がわかる。車種構成を考慮した原単位の場合、測定対象年次によって車令が異なるために原単位が異なってくる。

対象車種についてみると、乗用車と記述された文献、軽自動車を除く乗用車、軽自動車を含む乗用車

の3種類があった。軽自動車が混在しているか否かでも原単位は異なってくる。表2は、汚染物質別、速度別に乗用車と軽自動車の排出原単位⁴⁾の比をとったものである。NOxでは速度20km/h以下で、軽自動車の原単位の方が乗用車よりも大きい、COでは速度30km/h以下で軽自動車の方が大きいと報告されている。これ以外の速度域や汚染物質では乗用車の方が原単位が大きい。

表1 排出原単位に与える影響要因

TYPE	A	B	C	D
算出方法	試験車測定	マクロ推計		
推定式	$aV+bV^2+c$	$aV+bV^2+c/V+d$	$aV+b\sqrt{V}+c/V+d$	$a/V+b$
車令	H2車種構成	S53規制車		
対象車種	乗用車	乗用車 除軽自動車	乗用車 含軽自動車	
対象燃料	ガソリン	ガソリン 軽油	ガソリン LPG	

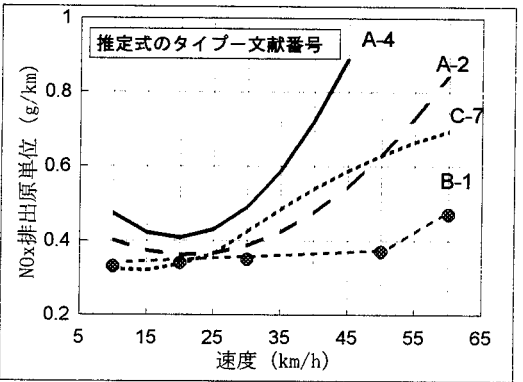


図1 推定式別にみたNOx排出原単位

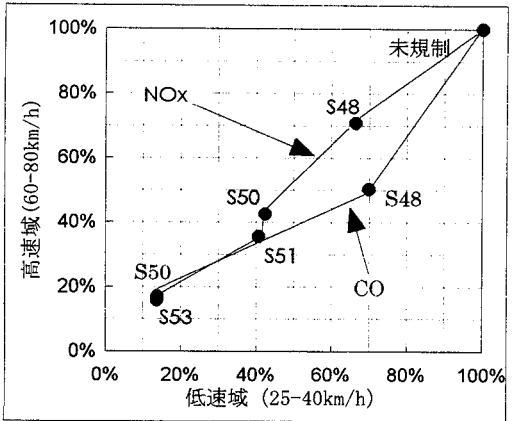


図2 規制年次別にみた排出原単位の低下率

燃料種別の NOx 排出量を走行速度別にみたものが、図3である²⁾。極小値は、ガソリンが 20km/h、軽油が 40km/h、LPG が 45km/h となっている。11の文献では、ガソリン車のみを対象、ガソリン及び軽油を対象、ガソリン及び LPG を対象としたタイプがあった。モデルの精度に依存するが、時速 25km/h 程度までは、ガソリン及び軽油対象の原単位が、ガソリン車のみを対象にした場合よりも原単位が大きくなる傾向にあることがわかる。またガソリン及び LPG を対象とした場合は、いずれの速度域においてもガソリンのみを対象にした場合に比べて、排出原単位は小さくなる。

4. 排出原単位の比較

ここでは、前節で述べた原単位に及ぼす影響要因を元に、既存文献の排出原単位の値を比較したい。

交通機関別の NOx、SOx、CO、CO₂ の排出原単位を文献ごとに示したものが表3～6である。自動車の原単位は走行速度 30km/h の低速域、80km/h の高速域に分けて表示した。低速域は実走行モードによって測定されているが、高速域は定速走行によるものである。NOx、SOx、CO については、自動車を台キロ当りの値で、鉄道、航空機を人キロ当りの値で示した。CO₂ については各交通機関とも人キロ当りの値で示した。各文献の順序は、低速域の原単位の大きさの順に並べている。

(1) NOx 排出原単位の比較

NOx 排出原単位については、乗用車は試験車測定、鉄道、航空機がマクロ推計によって算出されている。

自動車の排出原単位の最大値と最小値の差は、低速域で 0.25g/km、高速域で 1.26g/km となっている。文献4) から文献6) までは、低速域で 0.06g/km、高速域で 0.39g/km であり、全文献の幅からみれば相対的に小さいと言える。文献8) は低速域では文献4) から6) とほぼ同じと言えるが、高速域では 1.00g/km と幾分か小さい。これは車令、車種に原単位を小さくする要因が無いことから、推定式のパラメータの大きさに起因するものと想定される。

文献7) から9) については、原単位が低目の傾向にあり、影響要因も前出の文献群と異なっている。原単位が小さい理由は、車令が昭和53年規制車のみを対象としていることや軽自動車も含んでいるこ

表2 乗用車と軽自動車との排出原単位の相対比較

km/h	NOx	CO	SOx	CO ₂
10	0.91	0.36	4.20	1.33
20	0.88	0.50	4.11	1.31
30	1.14	0.88	4.33	1.30
40	1.71	1.34	4.83	1.32
80	6.85	0.66	4.00	1.47

*乗用車原単位/軽自動車原単位

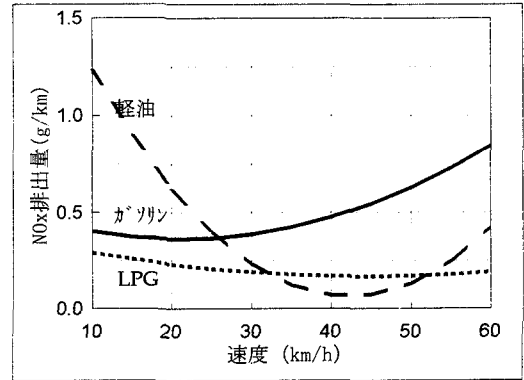


図3 燃料種別別にみた NOx 排出原単位

表3 NOx 排出原単位の比較

NOx	文献	低速時	高速時	算出法	推定式	車令	車種	燃料
CAR	8	0.50	1.00	A	A	A	A	---
	4	0.49	1.64	A	A	A	B	B
	5	0.49	1.62	A	A	A	B	B
	2	0.46	1.70	A	A	B	B	A
	6	0.43	1.31	A	A	A	B	A
	7	0.42	0.76	A	C	B	C	A
	1	0.31	0.55	A	B	B	C	C
	9	0.25	0.44	A	---	B	A	---
	RAIL	11	---	0.30	B	---	---	---
	AIR	11	---	0.47	B	---	---	---

*自動車の原単位はg/km、鉄道・航空はg/人km

**低速時(30km/h)、高速時(80km/h)

とが要因と言える。また高速域での乖離が大きい原因は、推定式に速度の分数関数が加わっている点が影響しているものと考えられる。

(2) SOx 排出原単位の比較

SOx 排出原単位は、東京都環境保全局のデータのみ得られている。最大値と最小値の差は、低速域で 0.008g/km、高速域で 0.046g/km 程度の差がある。

表4で掲げた影響要因については両調査の違いは見られない。但し文献5) は昭和62年調査、文献4) は平成3年調査であり、文献5) は平成2年の車種構成、車令別走行係数を予測していることが原

因の一端とも考えられる。

(3) CO 排出原単位の比較

CO の排出原単位は4つの文献から得られた。最大値と最小値の差は、低速域で1.12g/km、高速域で1.42g/km と大きな差となっている。文献1)と7)が高速域で大きな値となっている。これは車種構成に軽自動車を含んでいるか否かが影響していると考えられる。表2で示した様に高速域における乗用車の原単位は軽自動車の66%程度であり、この要因がいくらか影響していると考えられよう。文献7)が文献1)に比べ、低速時から高速時への原単位の低減率が大きいの、文献7)の推定式が分数関数のみで表現されているためと考えられる。

(4) CO₂ 排出原単位の比較

CO₂ の排出原単位は、ほとんどがマクロ推計によって得られた値である。唯一、文献4)で試験車測定が行われている。

乗用車についてみると、文献1)と4)とがほぼ同等な値を示している。これに比べて文献3)は過大値、文献1)は過小値となっている。推定年次に6年の開きがあるが、大きな差と言える。両文献ともエネルギー消費量をCO₂ 排出係数を乗じてCO₂ 排出量を算出し、総輸送量で除して算出している。輸送人キロデータは共に、運輸省自動車輸送統計年報から取られており、需要データの精度による差ではない。エネルギー消費量とCO₂ 排出量とから排出係数を求めると文献3)が0.279g/kcal、文献1)が0.0762g/kcal となり、約3.7倍もの差となっており、主要因と考えられる。鉄道、航空についても同様の傾向である。

5. おわりに

各種汚染物質の排出原単位に及ぼす主要な影響要因を考察し、複数の原単位が異なる値をとる原因を分析した。原単位の取扱いには、かなりデリケートな注意を払う必要があることを示すことができた。

なお、本稿では主要と考えられる要因のみに着目していること、各参考文献の原単位の算出過程で用いられている資料にまで十分に言及していない点などが、今後の課題として残されている。

本稿の分析内容は、日本鉄道建設公団関東支社の委託を受けて(財)運輸経済研究センターが実施し

た「環境からみた高速交通機関の整備のあり方に関する調査」研究会の中での議論を通じて得られたものであり、ここに関係各位に感謝の意を表する。

表4 SO_x 排出原単位の比較

SO _x	文献	低速時	高速時	算出法	推定式	車令	車種	燃料
CAR	5	0.034	0.070	A	A	A	B	B
	4	0.026	0.024	A	A	A	B	B
RAIL	11	---	0.209	B	---	---	---	---
AIR	11	---	0.018	B	---	---	---	---

*自動車の原単位はg/km、鉄道・航空はg/人km

表5 CO 排出原単位の比較

CO	文献	低速時	高速時	算出法	推定式	車令	車種	燃料
CAR	1	2.04	1.58	A	B	B	C	C
	4	2.02	0.19	A	A	A	B	B
	5	1.84	0.16	A	A	A	B	B
	7	0.92	0.50	A	D	B	C	A

*各原単位はg/km

表6 CO₂ 排出原単位の比較

CO ₂	文献	低速時	高速時	算出法	推定年次	車種	燃料
CAR	3	→	169.0	B	'86	A	B
	11	→	117.2	B	'85	A	A
	4	95.8	100.7	A	'90	B	B
	10	→	45.8	B	'92	B	C
RAIL	3	→	19.1	B	'86		
	11	→	7.8	B	'88/'89		
	10	→	5.3	B	'92		
AIR	3	→	195.5	B	'86		
	11	→	108.5	B	'90		
	10	→	41.1	B	'92		

*各原単位はg/人km

**文献4)は1.7人/台で換算している。

参考文献

- 1) 環境庁大気保全局自動車公害課(1994)実走行モードにおける自動車排出ガスの原単位について
- 2) 環境庁大気保全局大気規制課編 公害対策研究センター(1993)窒素酸化物総量規制マニュアル[改訂版]
- 3) 環境庁地球温暖化対策技術評価検討会交通分科会(1992)地球温暖化対策技術評価検討会交通分科会報告書
- 4) 東京都環境保全局(1992)東京都内自動車交通量及び自動車排出ガス量算出調査
- 5) 東京都環境保全局(1987)東京都内自動車排出量算出調査報告書(概要版)
- 6) 神奈川県(1984)自動車排ガス係数調査報告書
- 7) 大阪府企業局(1985)大阪府における汚染・汚濁物質の将来排出量算定基礎調査報告書
- 8) 神戸市環境局(1986)神戸市域大気環境将来予測調査報告書
- 9) 清水、足立ほか(1987)道路環境(昭和62)
- 10) (財)運輸経済研究センター(1995)運輸部門からのCO₂ 排出抑制調査報告書
- 11) (財)運輸経済研究センター(1991)高速交通機関整備に伴う開発効果の計測手法等に関する研究調査報告書