

◆ 環境影響評価特集 ◆

沿道における大気汚染予測に用いる自動車の排出係数について

大城 温* 小根山裕之** 山田俊哉*** 大西博文****

1. はじめに

沿道における大気汚染予測の際、小型車・大型車別の交通量と平均車速から大気汚染物質の排出量を推計するためには、台キロあたりの汚染物質排出量のデータが必要である。この台キロあたりの大気汚染物質排出量を「排出係数」と呼ぶ。中央環境審議会の「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」の中間答申(平成8年10月)、第二次答申(9年11月)および第三次答申(10年12月)において、自動車排出ガス中の大気汚染物質低減の新しい目標値が示されている。しかし、従来用いられてきた排出係数^{1),2)}は、昭和59年から平成元年の自動車排出ガスのデータを用いており、最新の自動車排出ガス浄化技術を反映した排出係数が必要である。

本稿では、より実際の走行状態に近い条件でのシャーシダイナモ試験を行い、最新のデータより排出係数を算出した。

2. 排出係数算出の流れ

排出係数の算出は、以下の流れで行った(図-1)。まず、シャーシダイナモ試験により実際の走行状態とほぼ同じ条件で、各試験車両から排出される大気汚染物質を測定し、各車両毎の汚染物質の排出係数原単位を求め、これを車種毎に集計する。次に、この排出係数原単位と車種構成比、平均半積載重量を用いて、車種別(大型および小型)の排出係数を求める。

算出方法についての詳細を以下に述べる。

3. シャーシダイナモ試験

シャーシダイナモ試験とは、シャーシダイナモーターという試験装置上で自動車に実際の走行状態と同じ負荷をかけて、大気汚染物質の排出量を測定する試験である。

実際の走行状態を再現し、かつ各試験における走行状態を同一にするためには、実走行モードの設定が必要である。実走行モードをより扱いやすく、より現実に近づけるため、平成8~9年度にかけて高速道路・一般国道等15路線において実走行調査を実施し、従来の実走行モード(建設省モード³⁾)を見直し、新しい実走行モード(土研モード⁴⁾)を設定した。

土研モードの特徴としては、繰り返し測定を可能にするため、モードの初速度と終速度を合わせたこと、信号の有無などの路線特性の違いを考慮して一般道路と高速道路のモードを分けて設定したことなどが挙げられる。

試験では、土研モード以外に(財)日本自動車研究所(JARI)が設定した実走行モード(JARIモード⁵⁾)、一定速度で走行する定常走行モード、自動車排出ガス規制モード(ディーゼル重量車はD-13モード、その他は10・15モード)を用いた。

試験を行った車両を表-1に示す。車種分類は自動車排出ガス規制値の分類を基本に、幹線道路での走行比率が小さい軽貨物車を除いており、またディーゼル乗用車については、小型車・中型車の区分を統合し、8車種分類とした。

試験実施時の走行速度はモードによって異なるが、約10~130km/hの範囲である。積載条件は乗用車では2名乗車、貨物車では半積載を基本にモードによっては空積載、定積載でも実施した。また、勾配条件は0%を中心に2%刻みで-4~+4%の範囲である。

4. 排出係数原単位の算出

1) 車両別の排出係数原単位の算出

排出係数原単位は、窒素酸化物(NO_x)、粒子状

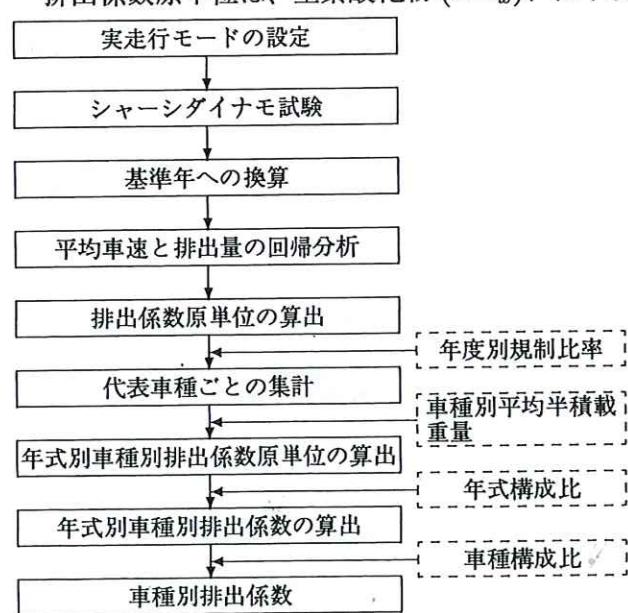


図-1 排出係数算出の流れ

物質(PM)、一酸化炭素(CO)については、シャーシダイナモ試験の結果から算出している。二酸化硫黄(SO₂)については、試験で測定された燃料消費量と燃料中の硫含有率から、燃料中の硫黄分が全てSO₂として排出されると仮定して算出した。ここで用いた硫含有率は平成9年3月環境庁告示の許容限度値である。

なお、乗用車では車両重量による排出量の有意な差が見られないためg/km、他の車種については等価慣性重量との比例関係があるためg/km·t(等価慣性重量あたり)で排出係数原単位を設定し

表-1 シャーシダイナモ試験に使用した車両数

試験 実施 年度	ガソリン			ディーゼル			
	乗用 車	貨物車		乗用 車	貨物車		
		軽量車	中量車		軽量車	中量車	
9年度	5	2	2	2	0	2	6
10年度	5	3	3	2	3	2	6
合計	10	5	5	4	3	4	12

*ガソリン重量貨物車については、試験を行っていない

表-2 NO_x の排出係数原単位(平成30年)

車種	燃料	ガソリン					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	0.0592	0.0538	0.0242			
	40	0.0401	0.0390	0.0205			
	60	0.0293	0.0290	0.0222			
	80	0.0319	0.0350	0.0235			
	100	0.0497	0.0591	0.0232			
	110	0.0643	0.0782	0.0226			

車種	燃料	ディーゼル					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	0.230	0.0729	0.100	0.182		
	40	0.145	0.0500	0.0571	0.118		
	60	0.0929	0.0413	0.0410	0.0954		
	80	0.114	0.0473	0.0502	0.122		
	100	0.217	0.0682	0.0847	0.198		
	110	0.300	0.0842	0.111	0.255		

*単位：乗用車 g/km、貨物車 g/km·t

表-3 CO の排出係数原単位(平成30年)

車種	燃料	ガソリン					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	0.363	0.575	4.70			
	40	0.289	0.357	1.81			
	60	0.267	0.251	0.976			
	80	0.283	0.301	3.19			
	100	0.331	0.646	10.6			
	110	0.368	0.920	16.0			

車種	燃料	ディーゼル					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	0.234	0.0425	0.0789	0.119		
	40	0.105	0.0290	0.0625	0.0827		
	60	0.0649	0.0235	0.0533	0.0677		
	80	0.0472	0.0208	0.0480	0.0584		
	100	0.0378	0.0197	0.0460	0.0518		
	110	0.0348	0.0196	0.0461	0.0490		

*単位：乗用車 g/km、貨物車 g/km·t

ている。また、算出に用いた積載条件は半積載、勾配条件は0%である。

環境影響評価等で、排出係数原単位を将来の大気質予測に用いる場合には、シャーシダイナモ試験で得られた排出係数原単位をその予測年次にあわせて設定する必要がある。環境影響評価では、概ね20年後を想定して環境への影響を予測することが一般的であることから、ここでは平成30年の排出係数を算出する。

平成30年の排出係数原単位は、シャーシダイナモ試験の排出データに基準年までの規制値の低減比(平成10年12月の中央環境審議会答申による平成19年の長期目標値/試験車両に適用されている規制値)を乗じることにより求める。ただし、10・15モード(ディーゼル重量車はD13モード)での排出量が平成19年目標値を下回っている場合は、低減比を1とする。

低減後のデータから各モードの平均車速と排出

表-4 SPMの排出係数原単位(平成30年)

車種	燃料	ガソリン					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	1.74×10 ⁻³	1.33×10 ⁻³	2.02×10 ⁻³			
	40	1.50×10 ⁻³	0.867×10 ⁻³	0.772×10 ⁻³			
	60	1.50×10 ⁻³	0.588×10 ⁻³	0.459×10 ⁻³			
	80	1.14×10 ⁻³	0.526×10 ⁻³	0.774×10 ⁻³			
	100	3.96×10 ⁻³	0.591×10 ⁻³	3.36×10 ⁻³			
	110	6.02×10 ⁻³	0.782×10 ⁻³	5.32×10 ⁻³			

*単位：乗用車 g/km、貨物車 g/km·t

表-5 SO₂の排出係数原単位(平成30年)

車種	燃料	ガソリン					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	0.0139	0.0107	0.0115			
	40	0.00963	0.00792	0.00854			
	60	0.00820	0.00689	0.00772			
	80	0.00824	0.00704	0.00848			
	100	0.00949	0.00824	0.0107			
	110	0.0105	0.00922	0.0124			

車種	燃料	ディーゼル					
		車両	貨物車				
			乗用車	軽量車	中量車	重量車	
区間平均 走行速度 (km/h)	20	0.0896	0.0473	0.0454	0.0284		
	40	0.0630	0.0347	0.0337	0.0211		
	60	0.0524	0.0295	0.0301	0.0182		
	80	0.0519	0.0288	0.0321	0.0194		
	100	0.0604	0.0322	0.0392	0.0244		
	110	0.0679	0.0353	0.0446	0.0283		

*単位：乗用車 g/km、貨物車 g/km·t

表-6 基準年を平成 30 年とした場合の年式別車両構成比

(単位: %)

年式 車種	11年以前 ～H19	10年前 H20	9年前 H21	8年前 H22	7年前 H23	6年前 H24	5年前 H25	4年前 H26	3年前 H27	2年前 H28	1年前 H29	基準年 H30
小型車類	1.03	1.84	2.93	4.46	6.06	7.63	9.17	10.60	12.10	13.40	14.79	15.99
大型車類	0.23	1.08	2.27	3.83	5.57	7.32	9.02	10.73	12.45	14.14	15.83	17.53

量の関係をプロットし、両者の 3 次回帰式を求めた(式(1))。

$$y = a \frac{1}{x} + bx + cx^2 + d \quad (1)$$

x : 車速 (km/h)

y : 排出量 (g/km または g/km·t)

a, b, c, d : 回帰パラメータ

なお、平成 30 年にはほとんどの自動車が、新長期目標値を達成していることが年式別車両構成比の調査から推定される(表-6)ことから、平成 30 年の全走行車両の排出係数原単位として、平成 30 年の原単位を用いることとした。

2) 代表車種別排出係数原単位の算出

この回帰式から、各試験車両の 20, 40, 60, 80, 100, 110km/h の NO_x, SPM, CO, SO₂ の排出係数原単位を求め、各車両毎に代表車種別、車速別に平均したものが表-2, 3, 4, 5 である。

代表 8 車種のうちガソリン重量車については、車種構成割合が小型車類のうちの 0.8%、大型車類のうちの 0.6% と小さいため、今回試験を行っておらず、排出係数原単位は算出していない。

3) 年式別車種別排出係数原単位の算出

本稿で示した平成 30 年の排出係数原単位以外の原単位を算出する場合、適用されている排出規制値の異なる年式が混在しているため、年式別に排出係数原単位を算出する必要がある。年式別の算出は、平成 30 年の原単位に規制値の低減比の逆数(求める年次に適用される規制値/平成 19 年の長期目標値)をかけることにより求める。

(車両構成比: 平均半積載重量)

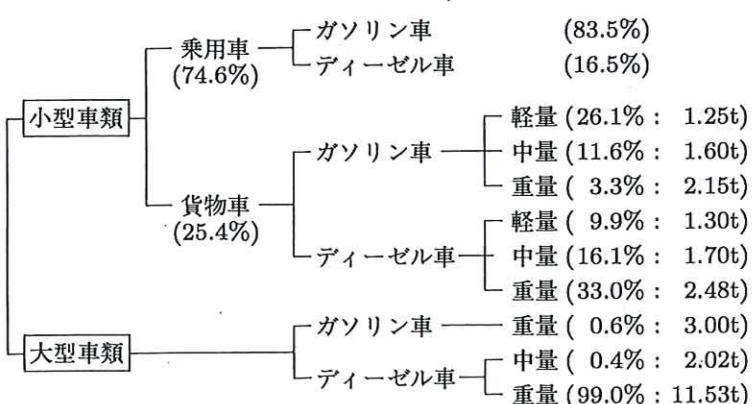


図-2 排出係数算出に用いる車両構成比・平均半積載重量

5. 排出係数の算出

小型車類・大型車類別の排出係数の算出は、排出係数原単位の他に車種構成比および平均半積載重量を用いて以下の式(2)で行った(表-7)。

$$E = \sum_i \left(\alpha_i \times \frac{S_i}{100} \times W_i \right) \quad (2)$$

E : 小型車類または大型車類の排出係数
(g/km·台)

α_i : 車種分類 i の排出係数原単位
(g/km または g/km·t)

S_i : 車種分類 i の構成比 (%)

W_i : 車種分類 i の平均半積載重量 (t)
(ただし、 W_i は乗用車の場合には考慮しない)

車種構成比および平均半積載重量(図-2)、年式構成比のデータは、平成 9 年度の道路交通センサスおよび平成 10 年度の一般国道・高速国道・都市高速全 12 路線におけるナンバープレート読み取りによる車種構成調査の結果である。

予測年次において排出規制値が異なる年式の車両が混在している場合には、年式ごとに 4.3) で述べたように排出係数原単位を算出し、これら表-6 の年式構成比を乗じ足し合わせ、排出係数を求める必要がある。

なお、ガソリン重量車については、前述の理由で排出係数原単位が設定できないため、ここではガソリン中量車の原単位を当てはめた。

排出係数原単位の式(1)と同じ形式の回帰式により求めた、平均車速と排出係数の回帰パラメータを表-8 に示す。これを用いることにより、任意の速度の排出係数が算出可能である。

6. 勾配補正係数の算出

相当長い区間縦断勾配が連続する道路では自動車にかかる負荷が平坦地と異なり、排出係数も変わってくると考えられる。そこで、このような場合には勾配 0% 時の排出係数に、勾配に応じた補正係数を乗じるものとした。補正係数は、シャーシダイナモ試験の結果から勾配 0% 時の排出係数に対する変化率と勾配の回帰式を求めて設定した。なお、補正係数とは、この回帰式から求めた以下の

式(3)の係数 $(1 + ai)$ と定義する。

$$Y = (1 + ai)X \quad (3)$$

Y : 勾配 $i\%$ における排出係数

X : 勾配 0%における排出係数 a : 回帰係数

勾配補正係数は車速により異なってくることから、一般道路と自動車専用道路の区分を念頭

表-7 平成 30 年の排出係数

車速 (km/h)	NO _x		SPM		CO		SO ₂	
	小型車類	大型車類	小型車類	大型車類	小型車類	大型車類	小型車類	大型車類
20	0.118	2.08	0.007	0.107	0.906	1.43	0.032	0.325
30	0.097	1.67	0.006	0.086	0.787	1.16	0.026	0.276
40	0.077	1.35	0.005	0.071	0.667	0.993	0.023	0.241
45	0.070	1.23	0.005	0.065	0.621	0.934	0.022	0.228
50	0.064	1.15	0.004	0.060	0.588	0.885	0.021	0.219
60	0.057	1.09	0.004	0.054	0.564	0.810	0.019	0.208
70	0.059	1.16	0.003	0.053	0.601	0.762	0.019	0.209
80	0.068	1.39	0.004	0.056	0.703	0.736	0.020	0.221
90	0.086	1.75	0.005	0.063	0.870	0.729	0.021	0.244
100	0.113		0.007		1.11		0.024	
110	0.148		0.009		1.41		0.027	

表-8 平成 30 年の排出係数算出式の係数

項目	車種	a	b	c	d		
						NO _x	SPM
NO _x	小型車類	-0.902	-5.78×10^{-3}	$+4.39 \times 10^{-5}$	+0.261		
	大型車類	-7.12	-8.95×10^{-2}	$+7.25 \times 10^{-4}$	+3.93		
SPM	小型車類	-0.138	-4.56×10^{-4}	$+3.17 \times 10^{-6}$	+0.0218		
	大型車類	+0.0318	-3.10×10^{-3}	$+2.27 \times 10^{-5}$	+0.158		
CO	小型車類	-8.50	-4.34×10^{-2}	$+3.47 \times 10^{-4}$	+2.06		
	大型車類	+11.7	-1.17×10^{-2}	$+7.43 \times 10^{-5}$	+1.05		
SO ₂	小型車類	+0.169	-4.69×10^{-4}	$+3.75 \times 10^{-6}$	+0.0313		
	大型車類	+0.444	-6.91×10^{-3}	$+5.46 \times 10^{-5}$	+0.419		

表-9 排出係数の縦断勾配による補正係数

車種	速度区分	勾配 i の適用範囲 (%)	勾配補正係数			
			NO _x	SPM	CO	SO ₂
小型車類	低～中速 (60km/h未満)	$0 < i \leq +4$	$1+0.25i$	$1+0.21i$	$1+1.04i$	$1+0.20i$
		$-4 \leq i < 0$	$1+0.13i$	$1+0.12i$	$1+0.15i$	$1+0.13i$
大型車類	中～高速 (60km/h以上)	$0 < i \leq +4$	$1+0.38i$	$1+0.38i$	$1+1.90i$	$1+0.24i$
		$-4 \leq i < 0$	$1+0.19i$	$1+0.14i$	$1+0.15i$	$1+0.17i$
大型車類	低～中速 (60km/h未満)	$0 < i \leq +4$	$1+0.29i$	$1+0.21i$	$1+0.12i$	$1+0.25i$
		$-4 \leq i < 0$	$1+0.17i$	$1+0.11i$	$1+0.06i$	$1+0.16i$
大型車類	中～高速 (60km/h以上)	$0 < i \leq +4$	$1+0.43i$	$1+0.30i$	$1+0.17i$	$1+0.33i$
		$-4 \leq i < 0$	$1+0.22i$	$1+0.13i$	$1+0.13i$	$1+0.21i$

大城 溫*



建設省土木研究所環境部
交通環境研究室研究員
Nodoka OSHIRO

小根山裕之**



東京大学生産技術研究所
(前 交通環境研究室研
究員)
Hiroyuki ONEYAMA

山田俊哉***



建設省土木研究所環境部
交通環境研究室
主任研究員
Toshiya YAMADA

大西博文***



同 交通環境研究室長
Hirofumi OHNISHI

に置き、60km/h未満とそれ以上の速度に区分し、それぞれの区分の補正係数を求めた(表-9)。

7. おわりに

本稿では、平成 9, 10 年度に実施したシャーシダイナモ試験の報告と、平成 8~10 年にかけての中央環境審議会の答申「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について」で示されている自動車排出ガス規制値等を用いた排出係数の算出方法について述べた。

将来、液化石油ガス (LPG) 車・圧縮天然ガス (CNG) 車・メタノール車などの代替燃料自動車や、電気自動車・ハイブリッド車などの低公害車の普及が進めば、それらの車種についてもシャーシダイナモ試験を実施し、排出係数を求める必要があると考えられ、今後の検討課題である。

また、今回試験を実施していない軽貨物車、ガソリン重量車については、車種構成比の上では小さいものの、今後試験の必要性について検討する必要があると考えている。

参考文献

- 1) 中島威夫、山田治、石塚俊光：自動車から排出されるガス量に関する調査、土木技術資料、33-9, pp.47-51, 1991.
- 2) 石田稔、西尾崇、小野田豊：車両大型化の自動車排出ガスへの影響、土木技術資料、37-7, pp.56-59, 1995.
- 3) 足立義雄ほか：一般国道における自動車の走行特性、土木技術資料、22-3, 1980.
- 4) 小根山裕之、大西博文、山田俊哉、平井洋：自動車の走行特性を反映した排出係数の設定に用いる実走行モードについて、土木計画学研究・講演集、No.22(2), pp.571-574, 1999.
- 5) 平井、柳、土井、細井：排出係数測定用の実走行モードの作成方法について、自動車研究、18-12, pp.5-8, 1996.