

風洞実験による初期拡散の検討

日本道路公団 試験所 正員 長瀬 秀喜
 〃 〃 〃 松岡 慶記

《まえがき》

自動車排出ガスは、自動車の空気抵抗に相当する走行風で輸送されるが、自動車の後流で形成される乱流域で急激に混合希釈される。その後自然風により風下側に流され、大気中の乱流による拡散を受ける。従って道路近傍では、自動車を点排出源とみなすよりは、初期拡散（自動車の後流で形成される乱流域での拡散）を考慮して面排出源とみなす方が実状に合っていると考える。この自動車の後流域は、走行条件・自動車形状によって大きく変化し、従って初期拡散も変化すると考えられる。そこで自動車走行風の影響が顕著になる自然風の多い場合の初期拡散について、拡散風洞内で拡散状況を再現して検討した。

表1 走行条件一覧

実験ケース	風向	風速	走行	車種	台数	車頭間隔	速度	
現地実測	2	W	0.1%	連続乗用車	3	40m	80km/h	
	3	W	0.4	〃	3	40	80	
	1	SE	0.5	〃 大型車	3	40	80	
	3	SW	0.1	〃	3	40	80	
風洞実験	A	—	—	単独乗用車	1	—	80	
	B	—	—	〃 大型車	1	—	80	
	C	—	—	連続	〃	2	40	80
	D	—	—	〃	〃	2	80	80
	E	—	—	混合	大型乗用	2	40	80
	F	—	—	〃	〃	2	80	80
	G	—	—	連続	大型車	3	40	80

《実験方法》

風洞は、三菱重工長崎研究所の吹出型拡散風洞を使用した。風洞内測定室(2m×3m×2.5m 高さ×巾×長さ)に縮尺1/20の自動車模型(乗用車型 2.38m×1.47m×1.77m×4.77m, 大型車型 7.25m×2.91m×2.57m×10.77m, 前面投影面積×高さ×巾×長さ)をセットし、自動車の車速に相当する風を流して相対的に走行状態を再現させる方法により測定した。トレーガスとしては、アンモニアを使用した。

測定に使用した走行条件、測定座標系を表1、図1に示す。また相似則等の近似の詳細については、文献1による。数値は、実物換算値。

《風洞内再現実験》

実際の大气中の拡散状況を風洞内に再現させるため、試験所で行った実車走行実験の中の自然風の影響の小さい測定例(表1)を用いて走行風(図2)、濃度の時間的経過(図3)、鉛直方向初期拡散中(図4)などについて近似した。ここでUは風洞内風速、U0は車速相当風速、C0は高さz0での濃度、C1は高さ1mでの濃度、xは先頭車の車頭より後方に測った距離である。(図2,3,他の値は図1のとおり。)

《実験結果》

鉛直方向初期拡散中についてIV断面で走行ケース別に比較したのが図5,6,7,表2である。鉛直方向初期拡散中(C0)は分布状況を正規分布と仮定しzmax法で求めた。単独走行時では、大型車の02は乗用車の1.57倍(II断面)、1.47倍(III断面)、1.43倍(IV断面)である。又大型車の連続走行時の02は、単独走行時にくらべて走行台数の増加により大きくなる傾向にあるが、車頭間隔による変化は小さい。大型車と乗用車の混合走行時では、車頭間隔40mで前走大型車の影響が出ているが、車頭間隔80mでは、単独走行時の02とほとんど変わらぬ(図6)

図1 測定座標系

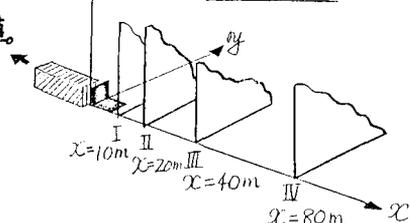


図2 実測値と風洞実験値の比較(走行風)

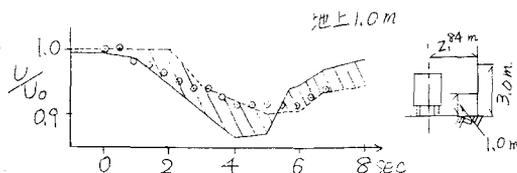
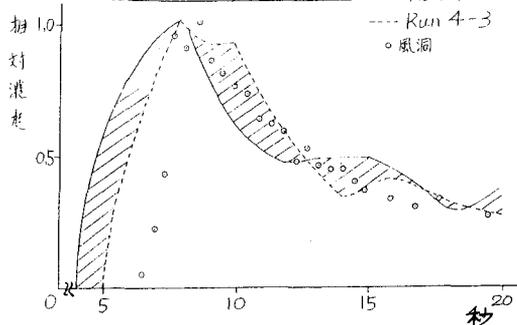


図3 実測値と風洞実験値の比較(濃度)



水平方向初期拡散中について図8,9,表2に示す。四実測値と風洞実験値の比較 四鉛直方向初期拡散中

縦軸は U/C_0 と基準化した濃度を表している。 Q_0 は排出トレーサーガス濃度。 C は観測濃度。図8中の実線は分布を正規分布と近似した曲線である。図8から乗用車の拡散巾が狭く、大型車の拡散巾が広いことがわかる。単独走行時の大型車の水平方向初期拡散巾(σ_y)は乗用車の1.42倍(II断面)、1.38倍(III断面)、1.25倍(IV断面)である。連続走行時の σ_y は単独走行時とほとんど差がなかった。混合走行時の σ_y は車頭間隔40mでは前走車の影響が出ているが、車頭間隔80mでは前走車の影響はほとんど出ていない。なお σ_y は σ_z と同様にして求めた。図10に単独走行時の等濃度線図を示す。値は基準化濃度で図下の値は極大値である。極大値の違いは σ_y , σ_z が乗用車型と大型車型の車種により異なるためと考えられ、初期拡散面積比の逆数と対応している。(楢円近似すると初期拡散面積比(大型車/乗用車)=1.8 この逆数は0.56)

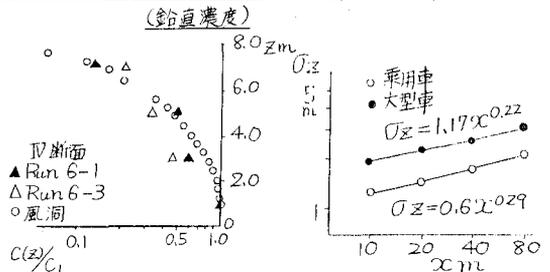


表2 初期拡散巾

断面	σ_z		σ_y	
	III	IV	III	IV
A	1.7m	2.1m	1.6m	2.4m
B	2.5	3.0	2.2	3.0
C	2.6	3.1	2.3	3.1
D	2.6	3.2	2.3	2.9
E	2.0	2.4	1.9	2.6
F	1.8	2.2	1.6	2.5
G	2.7	3.3	2.3	3.1

道路路肩で考えると走行車線を走る自動車の走行風が路肩に達するのは実測によれば3~4秒後である。そこでIV断面で代表させると無風時の初期拡散は大型車が乗用車の1.8倍である。従って排出係数で比較すると大型車類は乗用車類の約10.4倍であるが、初期拡散を考慮した面源としての道路の排出源強度への寄与で考えると、大型車類は乗用車類の約5.8倍でよいことになる。(昭和64年の高速道路での車種別平均排出係数で比較、大型車類4.57g/km台、乗用車類0.438g/km台、走行速度80km/h、窒素酸化物の排出係数)道路

《まとめ》

道路路肩で考えると走行車線を走る自動車の走行風が路肩に達するのは実測によれば3~4秒後である。そこでIV断面で代表させると無風時の初期拡散は大型車が乗用車の1.8倍である。従って排出係数で比較すると大型車類は乗用車類の約10.4倍であるが、初期拡散を考慮した面源としての道路の排出源強度への寄与で考えると、大型車類は乗用車類の約5.8倍でよいことになる。(昭和64年の高速道路での車種別平均排出係数で比較、大型車類4.57g/km台、乗用車類0.438g/km台、走行速度80km/h、窒素酸化物の排出係数)道路

$\sigma_z = \sum_{z \geq 1.5} z_m : C_0 / C_0 = 0.1$ となる高さ
 $\sigma_y = \sum_{y \geq 1.5} y_m : C_y / C_M = 0.1$ となる高さ
 C_M: 地上1mでの各断面での最大濃度
 C_y: 中心軸より水平方向にy[m]はなれた地点での地上1mの濃度

混合走行時の鉛直方向初期拡散

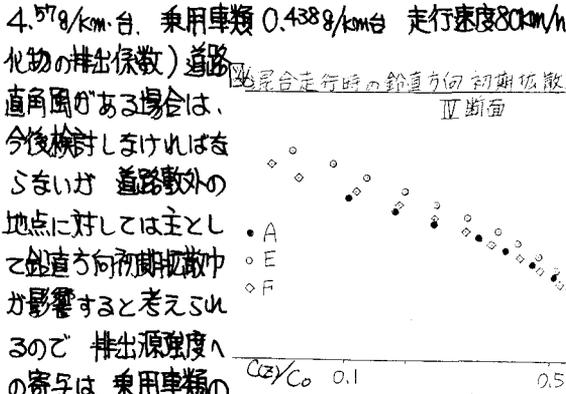


図9 連続走行時の鉛直方向初期拡散

IV断面

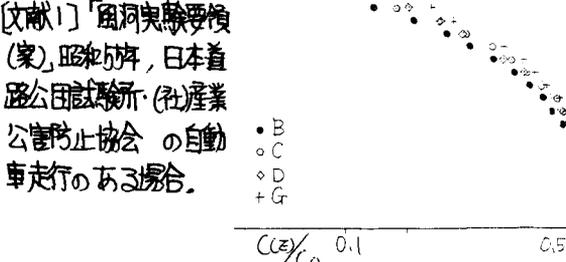


図10 乗用車と大型車の等濃度線図

【文献】「風洞実験要領(案) 昭和64年、日本道路公団試験所(社)産業公害防止協会の自動車走行のある場合、

- B
- C
- ◇ D
- + G

四8 水平方向初期拡散巾

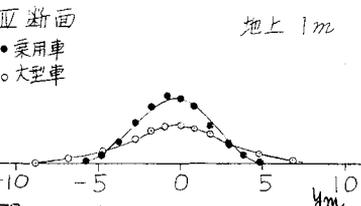
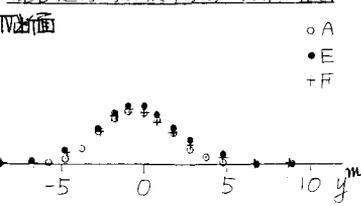


図9 混合走行時の水平方向初期拡散巾



四10 乗用車と大型車の等濃度線図

