

# 千葉県における自動車走行実態と大気汚染 (Ⅱ)

— 区間及び地域の解析による大気汚染物質排出量の実態等について —

竹内和俊

## 1 はじめに

自動車を発生源とする大気汚染物質の排出状況は交通量や車種構成のほか、その走行状態にも依存している。したがって、地域の自動車走行実態と大気汚染物質排出状況との関係を把握することは、自動車による大気汚染低減策を検討するための基礎的な資料となる。

そこで、2003～2004年度に千葉県内の各種道路の平常時における自動車走行状況について実走行調査し、ショートトリップ(S T)の解析結果から県内幹線道路における自動車走行実態について第1報<sup>1)</sup>として報告した。本報では、引き続き第2報として、実走行調査結果を区間或いは地域に区分して解析し、大気汚染物質排出量や旅行速度の実態について検討した。その結果、若干の知見を得たので報告する。

## 2 方法

調査は、走行ルート及びモデル地域を設定して実走行することにより行った。走行ルートについては、国道、主要地方道、県道及び1級または2級の幹線市道を対象に設定した<sup>1)</sup>。モデル地域については、その他市道等の細街路を中心に地域としての走行実態を把握するための地域を選定して設定した。

### 2・1 走行ルート及びモデル地域

高速道路を除く国道、主要地方道及び県道については、NO<sub>x</sub>・PM法の対策地域である東葛・葛南地域の幹線道路を中心に5つの周回ルート(ルート1～ルート5)<sup>1)</sup>を走行ルートとして設定した。

幹線市道ルートについては、千葉市、市川市及び船橋市内にそれぞれルート6(図1参照)、ルート7及びルート8を同様に設定した。

また、細街路のモデル地域については、千葉市を対象に都市計画上の用途地域を考慮して商業地域(モデル地域1: J R千葉駅周辺地域, 図2参照)

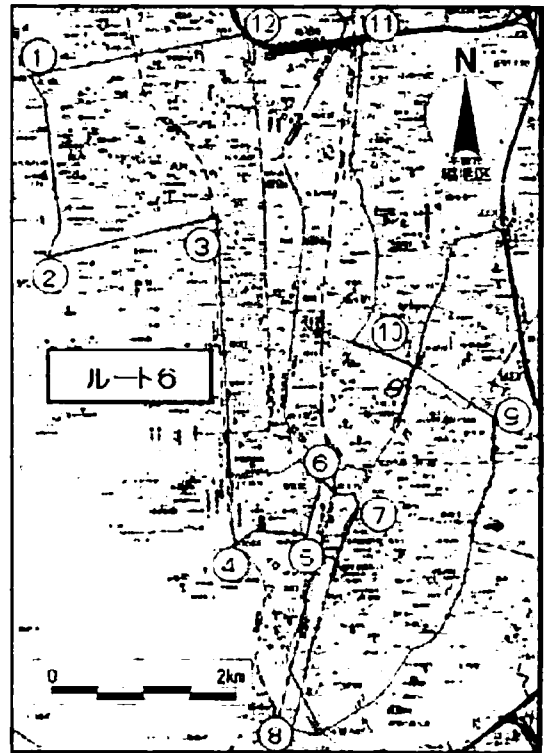


図1 千葉市幹線市道走行ルート6

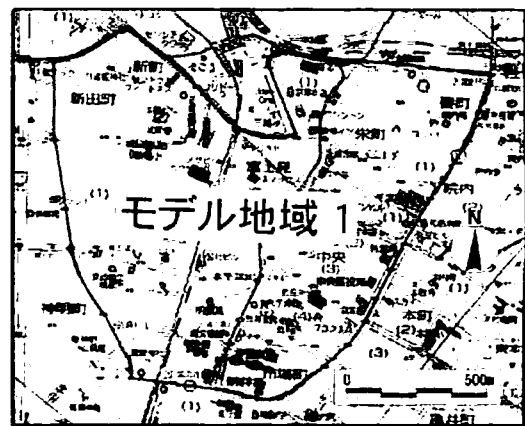


図2 細街路モデル地域1

及び住居地域に区分した。さらに、住居地域については、都市計画の整っている住居地域(モデル地域2: J R稲毛海岸～検見川浜周辺地域, 新市街)及

び旧来の住居地域（モデル地域3：JR新検見川駅周辺地域，旧市街）に区分してモデル地域とした。

## 2・2 調査日時

調査は，道路交通情勢調査の実施される10月を中心として，ルート等の別に表1に示す年月日に行った。平常時における走行状態を把握するため，調査時間帯は概ね10時～15時である。

## 2・3 調査方法

GPS航法装置による走行計測システム<sup>2)</sup>を用い，走行ルート等を実走行することにより行った。1回/秒の頻度で試験車両（ワゴン型またはバン型ガソリン車）の位置（緯度・経度）及び車速を収録し，走行データを得た。

走行ルートについては，調査対象日にルートを左周回及び右周回各1～2回走行することにより行った。また，モデル地域については，地域内の複数の地点からその地点を囲む幾つかの幹線道路の全てに出るルートを走行することによって行った。

なお，片側複数車線の路線については，基本的にはセンターライン側の車線を走行した。

## 2・4 解析方法

### 2・4・1 走行ルートの解析

#### (1) 区間の設定

各ルートにおける道路種別等の状況，千葉県警察本部交通規制課の所管するトラフィック・カウンターの設置状況及び平成9年度交通センサス（以下，「センサス」と言う。）<sup>3)</sup>観測地点の状況等を考慮し，ルートを適宜複数の区間に分割した。8つのルートの区間数は，ルート1からそれぞれ12，9，6，15，12，17，15及び18区間であった。

なお，ルート4に含まれる市道区間（計1）及びルート6～8に含まれる国道等の区間（計8）は，短距離区間のため解析の対象としなかった。

#### (2) 区間データの集計

各区間の走行データを集計し，調査時における区間の平均旅行速度を算出する。算出した旅行速度，トラフィック・カウンターによる交通量（欠測の場合には，センサスの交通量を使用），センサス観測地点の車種構成及び平成15年度千葉県排出係数<sup>4)</sup>を用いて，調査時における各区間の単位距離当たりのNOx及びPM排出量（kg/km）を推計した。

ただし，センサス観測地点のない区間については，排出量は算出していない。ルート1～5の幹線道路では解析対象とした全ての区間で排出量を算出できたが，市道を対象としたセンサス観測地点は政令指定都市である千葉市の1級市道のみで，排出量の算出できた市道区間数はルート6の9区間のみであった。また，トラフィック・カウンターによる交通量のある市道区間も少なく，幹線市道ルート6～8のそれぞれ11，2及び4区間のみであった。

なお，各区間における道路の状況及び交通制御の状況を代表する因子として，区間における片側車線数及び信号機の密度（信号密度：台/km）を整理し，解析に用いた。また，同一の区間で車線数の異なる道路が混在する区間については，少ない車線数の区間として解析した。

#### (3) 解析内容

道路種別に大気汚染物質排出量（NOx及びPM），旅行速度等を上下線別の区間毎に集計し，その特徴等について検討した。さらに，自動車からの大気汚

表1 調査対象年月日

ルート等	調査年	調査月日	ルート等	調査年	調査月日
ルート1	2003	10月1日，10月17日，11月5日	ルート6	2004	10月6日，10月8日
ルート2		10月3日，10月22日，11月7日	ルート7		10月13日，10月15日
ルート3		10月8日，10月24日，11月12日	ルート8		10月27日，10月29日
ルート4		10月10日，10月29日，11月14日	モデル地域1		11月5日
ルート5		10月15日，10月31日，11月19日	モデル地域2		10月22日
			モデル地域3		11月2日

染物質排出量を推計する場合の重要な要素となる旅行速度については、旅行速度に影響を及ぼす因子について、重回帰分析により検討した。

旅行速度に影響を及ぼす因子としては、車線数や幅員などの道路構造、交通管制による信号制御の状況及び交通量などの交通状況が考えられる。そこで、道路構造については片側車線数、信号制御については信号密度、交通状況についてはトラフィック・カウンターの交通量及び大型車混入率（センサスの値）を説明変数として、重回帰分析を行った。回帰係数の信頼性について p 値により確認し、変数減少法により説明変数の最適化を図った。

なお、重回帰分析の対象としたデータは 2003 年度に調査した国道、主要地方道及び県道のデータで、その結果得られた重回帰式については 2004 年度の幹線市道調査結果に適用し、その有効性を検証した。第 1 報<sup>1)</sup>に示したように、S T の解析結果から、高速道路を除く幹線道路の S T の特性に大きな違いは認められなかった。そのため、国道等の解析結果から得られた重回帰式による幹線市道の予測値と実測値には、ある程度の整合性があり、検証結果によっては得られた重回帰式で高速道路を除く県内幹線道路の平常時における旅行速度の推計に利用できると考慮したものである。

#### 2・4・2 モデル地域の解析

各モデル地域内の走行データから 2 級市道以上の幹線道路の走行データを除外し、各地域の平均旅行速度等を算出した。さらに、当該旅行速度及び平成 15 年度千葉県乗用車 NOx 排出係数<sup>4)</sup>から乗用車 1 台当たりの NOx 排出量を算出し、細街路における自動車排出大気汚染物質の状況について検討した。

### 3 結果

#### 3・1 走行ルート

##### (1) 区間集計結果

道路種別、車線数別に集計した NOx、PM 排出量、旅行速度、交通量、大型車混入率及び信号密度の平均値等を表 2 に示す。

NOx 及び PM 排出量については、2 車線区間の排出量は 1 車線区間のほぼ倍の値を示し、平常時における千葉県内の全幹線道路の NOx 排出量平均値は 0.956kg/km で、PM 排出量は 0.105kg/km であった。これらの排出量に影響を及ぼしている因子について検討するため、表 2 の NOx 及び PM 排出量と交通量、大型車混入率の道路種別の平均値の関係を図 3 に示す。

図 3 から、NOx 或いは PM 排出量と交通量の変化が良く一致していることが分かる。また、大型車混入率の変化も比較的良く一致しており、自動車からの NOx 或いは PM 排出量は基本的にはこれらの値によって定まると言える。そこで、全区間データによる NOx 排出量と交通量及び大型車混入率の関係を図 4 に示す。なお、大型車混入率は図の円の直径で示され、5.4~78.9% の範囲にある。また、図中の回帰式は、NOx 排出量と交通量の一次回帰式（切片無し）を示

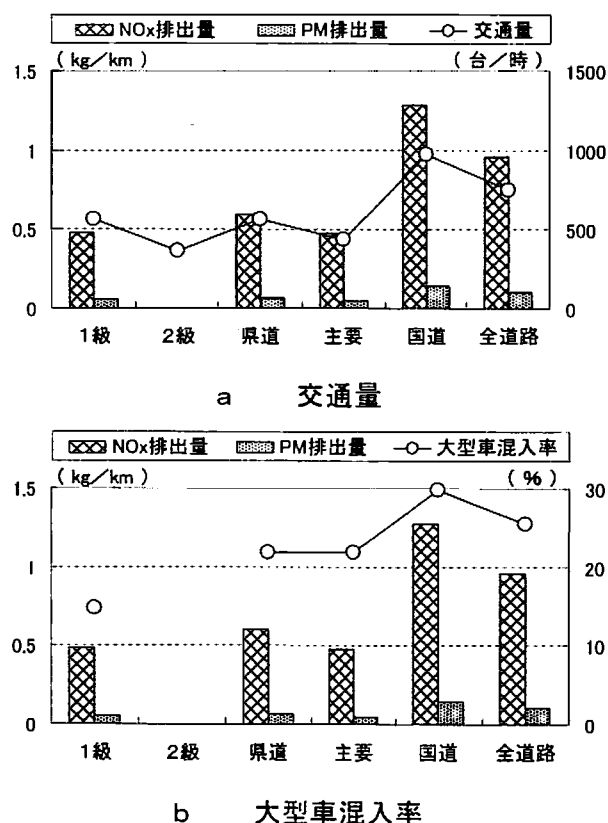


図 3 道路種別 NOx 及び PM 排出量と交通量、大型車混入率

表 2 区間解析による道路種別、車線数別 NOx 排出量等集計結果

項目	道路区分	片側1車線				片側2車線				片側3車線				合計			
		平均値	最大値	最小値	データ数	平均値	最大値	最小値	データ数	平均値	最大値	最小値	データ数	平均値	最大値	最小値	データ数
NOx排出量 (kg/km)	1級市道	0.400	0.679	0.222	24	0.548	1.18	0.15	30	—	—	—	—	0.482	1.184	0.15	54
	2級市道	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	県道	0.544	0.948	0.255	30	0.885	1.21	0.656	6	—	—	—	—	0.601	1.21	0.255	36
	主要地方道	0.441	1.18	0.089	60	0.827	0.941	0.738	6	—	—	—	—	0.476	1.182	0.089	66
	国道	0.459	0.985	0.184	72	1.73	4.46	0.23	138	0.9658	1.136	0.836	6	1.28	4.456	0.184	216
	全幹線道路	0.458	1.18	0.089	186	1.47	4.46	0.15	180	0.9658	1.136	0.836	6	0.956	4.456	0.089	372
PM排出量 (kg/km)	1級市道	0.0425	0.068	0.025	24	0.0613	0.137	0.016	30	—	—	—	—	0.0530	0.137	0.016	54
	2級市道	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	県道	0.0581	0.102	0.028	30	0.0972	0.130	0.072	6	—	—	—	—	0.0646	0.13	0.028	36
	主要地方道	0.0474	0.123	0.01	60	0.0895	0.100	0.082	6	—	—	—	—	0.0513	0.123	0.01	66
	国道	0.0478	0.109	0.018	72	0.191	0.440	0.025	138	0.1098	0.124	0.097	6	0.141	0.44	0.018	216
	全幹線道路	0.0487	0.123	0.01	186	0.163	0.440	0.016	180	0.1098	0.124	0.097	6	0.105	0.44	0.01	372
旅行速度 (km/時)	1級市道	20.1	40.7	5.2	138	23.3	48.1	2.6	58	—	—	—	—	21.0	48.1	2.6	194
	2級市道	20.4	32.6	3.4	50	18.2	36.3	3.8	12	—	—	—	—	19.9	36.3	3.4	62
	県道	20.6	31.4	11.3	30	23.0	36.2	16.8	6	—	—	—	—	21.0	36.2	11.3	36
	主要地方道	22.5	33.6	8.7	60	21.8	27.3	17	6	—	—	—	—	22.5	33.6	8.7	66
	国道	18.7	32.8	6.2	72	28.8	61.9	5.9	138	34.2	52.7	24	6	25.6	61.9	5.9	216
	全幹線道路	20.3	40.7	3.4	350	26.5	61.9	2.6	218	34.2	52.7	24	6	22.8	61.9	2.6	574
交通量 (台/時)	1級市道	497	807	264	61	685	1158	291	33	—	—	—	—	563	1158	264	94
	2級市道	364	434	312	6	—	—	—	—	—	—	—	—	364	434	312	6
	県道	533	721	340	30	748	942	553	6	—	—	—	—	569	942	340	36
	主要地方道	397	593	177	60	864	943	801	6	—	—	—	—	440	943	177	66
	国道	532	1216	290	72	1191	1803	471	138	1167	1318	1049	6	971	1803	290	216
	全幹線道路	483	1216	177	229	1075	1803	291	183	1167	1318	1049	6	752	1803	177	418
大型車混入率 (%)	1級市道	12.9	26.4	6.3	24	16.3	36.6	5.4	30	—	—	—	—	14.8	36.6	5.4	54
	2級市道	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	県道	20.9	29.5	15	30	27.3	30.8	24	6	—	—	—	—	22.0	30.8	15	36
	主要地方道	22.2	46.3	7.4	60	19.6	21.3	18.2	6	—	—	—	—	22.0	46.3	7.4	66
	国道	15.8	29	7.5	72	37.6	78.9	15	138	20.7	24	15.1	6	29.9	78.9	7.5	216
	全幹線道路	18.3	46.3	6.3	186	33.1	78.9	5.4	180	20.7	24	15.1	6	25.5	78.9	5.4	372
信号密度 (台/km)	1級市道	4.74	7.6	2.4	138	6.67	18.2	2.8	56	—	—	—	—	5.30	18.2	2.4	194
	2級市道	9.61	40	0	50	11.4	15.8	7	12	—	—	—	—	9.95	40	0	62
	県道	4.00	5.2	3	30	4.90	5.3	4.5	6	—	—	—	—	4.15	5.3	3	36
	主要地方道	3.26	4.7	1.7	60	4.20	4.2	4.2	6	—	—	—	—	3.35	4.7	1.7	66
	国道	4.37	5.9	2.8	72	3.00	7.3	0.6	138	3.05	4	2.1	6	3.46	7.3	0.6	216
	全幹線道路	5.04	40	0	350	4.49	18.2	0.6	218	3.05	4	2.1	6	4.81	40	0	574

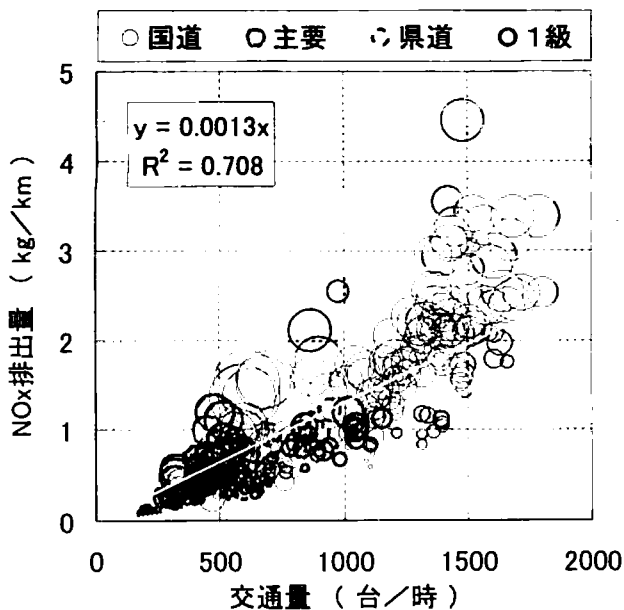


図 4 NOx 排出量と交通量及び大型車混入率との関係

したものである。

図の決定係数から、NOx 排出量は概ね交通量で説明できることが分かり、その回帰式から千葉県の大幹線道路の平常時における自動車 1 台当たりの NOx 排出係数は約 0.0013kg/km/台である。ただし、交通量の小さい区間でも大型車混入率の高い区間では、この排出係数より大きな NOx 排出量を示しており、基本的には大型車の交通量によって排出係数が定まるものと考えられる。なお、PM も同様の傾向にあり、PM 排出係数は約 0.00014kg/km/台である。

また、全幹線道路の旅行速度平均値は 22.8km/時で、道路種別に見た旅行速度の平均値は前報の ST 解析結果からの平均値と同程度の値である。その他の項目についての集計結果は、表 2 のとおりである。

表 3 道路種別旅行速度重回帰分析結果（2003 年度県内幹線道路調査結果から）

道路種別	上下線別対象区間数	重相関係数	重回帰式
県道	36	0.252	$V = 0.715N - 0.683D + 0.0104Q + 17.1$
主要地方道	66	0.511	$V = 9.22N - 3.26D - 0.0148Q + 29.8$
国道	216	0.584	$V = 8.74N - 2.69D - 0.00426Q + 24.2$
全幹線道路	318	0.573	$V = 7.98N - 2.69D - 0.00360Q + 24.8$

(注) V：旅行速度 (km/時)、N：片側車線数、D：信号密度 (台/km)、Q：上下線別交通量 (台/時)

## (2) 旅行速度の解析

旅行速度に関する重回帰分析を行ったところ、説明変数のうち大型車混入率については、全ての道路で5%有意以下であった。そこで、大型車混入率を除いた重回帰分析を行い、その結果を表3に示す。

表から、県道については、他の道路と異なり重回帰式の交通量の係数が正となり、論理的に想定されるものとは異なる傾向を示している。また、重相関係数も小さな値を示しており、県道については良い関係は得られなかった。しかしながら、その他の道路については道路種別にも比較的良好な関係が得られ、車線数が旅行速度の大きな決定要因となっている。そこで、表3の全幹線道路の重回帰式を2004年度の幹線市道調査結果に適用し、旅行速度の実測値と予測値の関係を図5に示す。

図から、バラツキはあるものの殆どのデータは1対1の線の周辺に分布（破線楕円内）している。ただし、千葉市の片側2車線データの一部を中心に予測値より相当高い実測値を示す区間があるため、全体としては実測値が高い傾向を示している。この千葉市の実測旅行速度の高いデータは、美浜区沿岸部の道路幅員が広く、道路条件施設の整った市道区間のものであり、表2の1級市道片側2車線の旅行速度の最高値48.1km/時もこれらの区間で観測されている。これらのデータを除けば、概ね妥当な旅行速度が推定されていると言える。

なお、参考のため2004年度の幹線市道調査結果を加えた全幹線道路の重回帰式は、

$$V = 7.62N - 2.52D - 0.00307Q + 24.5$$

(データ数：418、重相関係数：0.571)

であった。ただし、表3の重回帰式等は、あくまでも千葉県内のNOx・PM法の対策地域内の幹線道路の平常時における結果から推定されたもので、他の地域にも適応できるかどうかについては検討を要する。

### 3・2 モデル地域

細街路モデル地域における旅行速度等の測定結果を表4に示す。なお、走行モードの判別条件については表5のとおりである。

表から、細街路における走行状態の特徴として、幹線道路<sup>1)</sup>に比べ停止時間が短く、加減速の割合が多いことが挙げられる。このため、幹線道路のST解析結果では、いずれも平均25%程度であった加速及び減速の割合が30%を超える値となっている。旅行速度については、都市計画が良く、道路も良く整備されている新市街の住居地域では、表3に示した幹線道路の旅行速度の平均値より高い値を示してい

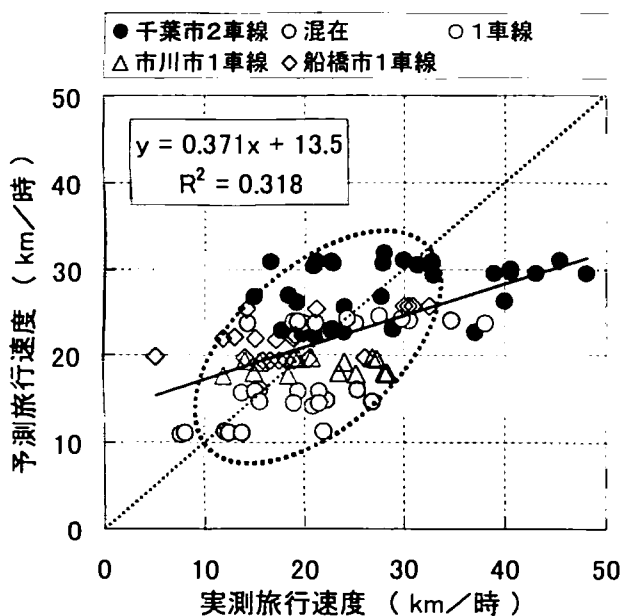


図 5 実測及び予測旅行速度の関係

表 4 細街路モデル地域における旅行速度等測定結果

調査地域	地点番号	総旅行時間 (秒)	モード解析				旅行速度		旅行速度 地域別 平均値 (km/時)
			停止 (%)	定速 (%)	加速 (%)	減速 (%)	平均値 (km/時)	瞬間最 高値 (km/時)	
モデル地域1 (商業地域)	1	104	0.0	19.2	47.1	33.7	17.3	31.4	14.9
	2	663	20.3	14.8	31.5	33.4	13.5	35.1	
	3	163	2.0	25.0	32.4	40.5	16	39.8	
	4	112	14.9	26.4	28.7	29.9	18.8	33.6	
	5	311	8.8	17.0	34.7	39.5	15.3	35.6	
モデル地域2 (住居地域： 新市街)	1	690	8.8	22.0	39.6	29.6	25.3	55.5	23.7
	2	684	16.1	23.4	36.0	24.6	20.7	43.8	
	3	311	2.3	25.4	41.2	31.2	24.6	41.3	
	4	209	2.4	18.7	48.3	30.6	25.7	45.6	
	5	410	14.6	23.7	38.0	23.7	24.4	41.7	
モデル地域3 (住居地域： 旧市街)	1	556	1.1	24.5	39.0	35.4	15.1	32	14.6
	2	460	6.1	25.9	36.1	32.0	13.5	31.4	
	3	493	0.2	20.9	45.8	33.1	16.5	29.7	
	4	331	2.4	26.3	39.9	31.4	15	26.7	
	5	928	14.1	24.5	33.5	27.9	13.7	41.6	

表 5 走行モード判別条件

モード	加速度 (km/時/秒)
停止	0
定速	-0.5超過~0.5未満
加速	0.5以上
減速	-0.5以下

る。しかしながら、商業地域や旧市街の住居地域では、地域の平均値で約 15km/時の低い値を示している。

そこで、各モデル地域における平均旅行速度及びそれから推計した乗用車 1 台当たりの NOx 排出量を地域区分毎に集計し、平均値を図 6 に示す。

平均旅行速度は商業地域が 14.9km/時、住居地域が 18.7km/時であったが、住居地域については都市計画の整った新市街では 23.7km/時と円滑な流れにあり、一方の旧市街では 14.6km/時と商業地域よりやや低い状況にあった。この結果、乗用車 1 台当たりの NOx 排出量は商業地域で 0.21g/km、住居地域で 0.18g/km と推計され、さらに住居地域では新市街で 0.16 g/km、旧市街で 0.22g/km と推計された。

千葉県 NOx・PM 法地域内の都市域における都市計画法上の用途地域の殆どは、商業系地域及び住居系地域であり、その地域内の細街路を通過する車輛の殆どは乗用車であると考えられる。上述の結果から考察すると、千葉県の細街路にお

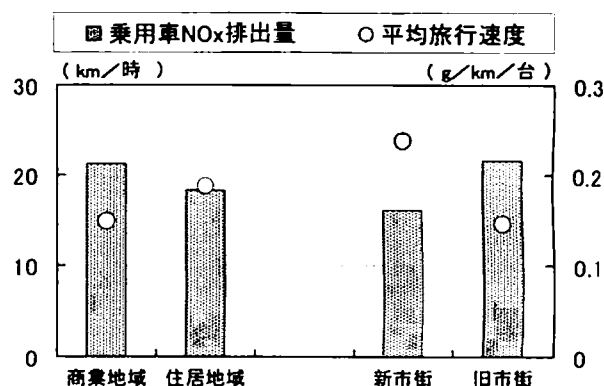


図 6 用途地域別旅行速度及び NOx 排出量

る平均旅行速度は約 15km/時で、NOx 排出量は約 0.2g/km/台と推計される。ただし、都市計画の良い整備された地域における平均旅行速度は 20km/時以上で、NOx 排出量は約 0.15g/km/台に低減すると推計される。

なお、ここで求めた NOx 排出量は平均旅行速度及び千葉県排出係数から求めた推計値である。一方、前述のように細街路における加減速の割合は幹線道路より大きく、加速時に NOx 排出量等が高くなること<sup>5)</sup>を考慮すると、この排出量はもっと大きいことも考えられる。

#### 4 交通流改善に対する基本的方策

交通流の改善策として立体交差などの道路構造の改善や交通管制システムの高度化などの対策が

挙げられるが、2ヶ年に亘る調査結果から交通流の改善に関する基本的な方策について検討すると次のとおりである。

#### (1) 幹線道路

国道のST調査結果等から、交通流の改善に及ぼす効果としては車線数の増加による効果が顕著であった。ただし、全面的な車線数の増加は交通量の増大を招く恐れやコストの問題もあり、ボトルネックの解消等を目的に道路周辺の状況を考慮した上で、特定の区間の車線数増を図るなど限定して実施すべき対策と考えられる。

一方、同じ幹線道路でも主要地方道や県道で車線数の増加による効果が顕著に認められなかったのは、路上駐車車輛の影響と考えられる。駐車車輛対策としては、第1報に示したLondonのRed Routes対策<sup>1)</sup>を参考とすることができる。この対策は単なる駐車禁止や駐停車禁止などの強制的な規制だけではなく、車輛を路上に駐停車させないための短時間駐車スペースや積降しスペースなどの道路周辺環境施設の整備を同時に進めるものである。

幹線道路の交通流阻害要因の一つである路上駐車車輛を排除するため、県内の重要幹線道路のRed Routes化を進めることが有効と考えられる。また、路上駐車車輛対策として、こうした道路周辺環境施設の整備を進めることも重要である。

#### (2) 細街路

細街路の結果から、地域の交通流の改善に対する都市計画の重要性が伺えた。都市計画については、その地域に住宅などが整備される以前に十分に検討されたものでなければ、良好な都市環境の創造は困難である。しかしながら、上述のRed Routes対策を参考とすれば、商業地域における積降しスペースの整備などは確実に地域の交通流改善に寄与すると考えられる。したがって、既存地域においても実施可能な施設の整備から、交通流改善を進めることも重要と考えられる。

## 5 おわりに

走行計測システムを用いて2ヶ年に亘る調査を

実施し、千葉県内における自動車の走行実態と大気汚染の関係について検討した。ここでのNO<sub>x</sub>やPM排出量については、平均旅行速度及び千葉県排出係数を用いた推計値に寄らざるを得なかったが、これらの排出量はあくまでも平均化された推計値である。一方、自動車からのNO<sub>x</sub>やPMの排出は、加速時に増大することなどが知られており、道路沿道に対する影響を考えた場合、実際の排出パターンの把握が重要となる。

幸いにも、2004年度末当研究センターでも「車載式ディーゼル自動車排気ガス測定装置（堀場製）」を整備することができた。今後は、この装置を用いて、交通流の実態と道路沿道周辺地域、特にいわゆるHot Spotの大気汚染との関係についてさらに検討を進める予定である。

## 謝辞

本研究の実施にあたり、千葉県警察本部交通部交通規制課からトラフィック・カウンターによる交通量データの提供を受けました。また、担当者の方にはデータの集計等の御尽力をいただきました。ここに記して、深謝いたします。

## 引用文献

- 1) 竹内和俊：千葉県における自動車走行実態と大気汚染（I）－県内幹線道路におけるショートトリップの実態－，千葉県環境研究センター年報，第4号，168～175（2004）。
- 2) 竹内和俊，石井栄勇，吉成晴彦：GPS航法装置を用いた交通流調査に関する一考察．JSAE1998年春季大会学術講演会前刷集，982，83～86，9832323（1998）。
- 3) 千葉県土木部：平成9年度道路交通センサス一般交通量調査集計表。（1998）。
- 4) 千葉県：平成15年度環境省委託業務結果報告書 総量削減計画進行管理調査。（2004）。
- 5) 矢島岳幸，古屋秀樹：車輛挙動を考慮した自動車排出ガス総量算出方法に関する研究．第27回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，p662～663（2000）。