

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 —

竹内和俊

1 はじめに

首都圏の1都3県における平成15年度二酸化窒素環境基準達成状況によれば、一般環境大気測定局については東京都の達成率が97.8%である以外は環境基準が達成されている。一方、自動車排出ガス測定局については、東京都55.3%、神奈川県74.2%、埼玉県85.2%、千葉県93.1%の達成状況¹⁾となっており、自動車由来の大気汚染の影響は都市域ほど大きい傾向が顕著に認められる。こうした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如何によって大きく変化するほか、その走行状態にも依存しており地域の自動車走行実態を把握することは自動車由来の大気汚染を検討する上で重要な基礎資料となる。

そこで、本報では千葉県内における幹線道路の平常時の自動車走行状態を調査し、第1報として県内におけるショートトリップの実態を集計、解析した。また、同時に推計した自動車からの窒素酸化物排出量を基に、自動車交通流の改善による大気汚染の低減策について若干の検討を行ったので報告する。

2 方法

調査は、道路を高速道路、国道、主要地方道、県道及び市道に分けて走行ルートを設定し、当該ルートを実走行することにより行った。

2・1 走行ルート

国道、主要地方道及び県道については、NO_x・PM法の対象地域である東葛・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)を走行ルートとして設定した。(図1)

市道については、1級及び2級の幹線市道を対象として、千葉市、市川市及び船橋市内に図1と同様に幹線市道を中心とした3つの周回ルート(ルート6～ルート8)を設定した。

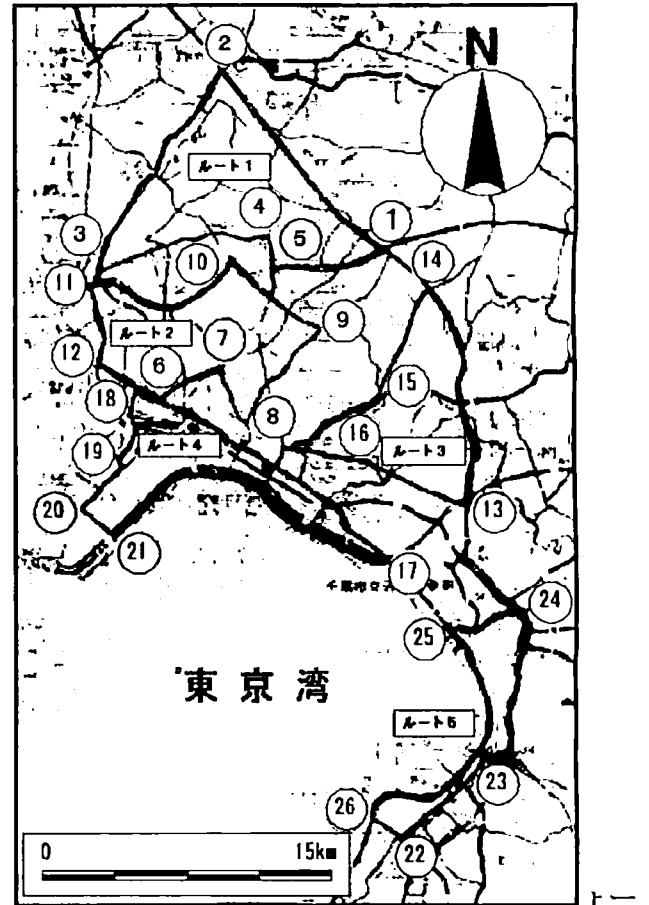


図1 幹線道路走行ルート

また、高速道路については、走行ルートまでの往復に利用した時の走行状態について調査した。利用した主な路線は京葉道路で、それ以外には館山道及び東関東自動車道の一部区間が含まれる。

2・2 調査対象日時

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。

なお、高速道路については上述のとおり、調査地点までの往復時を対象としたため、調査時間帯は主に9時～10時及び15時～16時となっている。

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			
ルート5		10月15日, 10月31日, 11月19日			

2・3 調査方法

GPS 航法装置による走行計測システム²⁾を用い、走行ルートを実走行することにより行った。1回/秒の頻度で試験車輛（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。

調査対象日に周回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、高速道路については、調査地点までの往復に利用した場合に、往路及び復路の走行状態について調査した。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

県内における自動車走行実態と大気汚染の関係把握するため、走行状態の解析に当たり基本となるショートトリップ（以下、「ST」と言う。）の実態について集計、解析した。STとは、図2のように車が発進し、停止して次に発進するまでを1単位とし、図2の旅行時間等の要素から構成される。また、観測されたSTにおける大気汚染物質排出量として普通貨物車を対象にNOx排出量を推計して解析に用いた。この場合、実測したSTの旅行速度及び普通貨物車の平成15年度千葉県排出係数³⁾を用いて推計した。

3 調査結果

3・1 道路種別によるSTの状況

観測されたSTについて、道路種別にデータ数及び主なST構成要素の単純平均値及び旅行時間加重平均値を表2に示す。観測されるSTの旅行時間は様々であるが、後述のように旅行時間の短いSTが比較的多い。そのため、STの

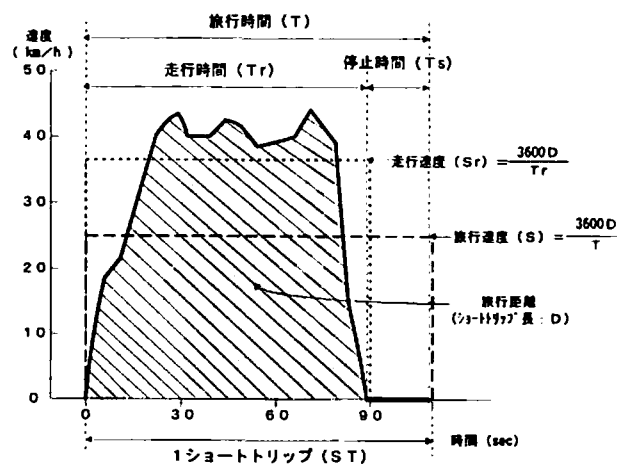


図 2 ショートトリップ等の定義

単純平均値は観測されたST自体の平均的なプロフィールを与えるが、必ずしも長い旅行区間から見た自動車走行実態を反映していない。そこで、道路種別の自動車走行実態を反映したプロフィールを見るため、旅行時間の加重平均値を求め合わせて示した。なお、表2の走行モードの判別条件については表3のとおりである。

表2から、ST長（旅行距離）については市道と県道に大差はなく、主要地方道及び国道がやや大きく、高速道路が極めて大きい傾向にある。こうした傾向は、旅行速度や旅行時間についても概ね同様である。また、国道では車線数増加による交通流円滑化の効果が比較的顕著に認められる傾向にあるが、主要地方道などではあまり認められない。これは観測データ数が少ないこともあるが、これらの道路の片側2車線区間において路端側の1車線が駐車車輛に占拠されている場合が多かったことの影響である。なお、高速道路の片側3車線区間の結果については、調査地点までの利用区間の短さが反映されたもので、この結果だけから

表 2 道路種別 ST 主要構成要素等集計結果

表 2-1 単純平均値

道路種別	片側車線数	有効ST数	ST長(m)	走行速度(km/時)	旅行速度(km/時)	旅行時間(秒)	モード別時間比率(%)				普通貨物車NOx排出状況	
							停止	定速	加速	減速	単位距離当たり(g/km/台)	1ST当たり(g/台)
1.2級市道	1車線	450	412	22.1	15.5	85.4	36.2	14.0	25.3	24.5	10.9	1.67
	2車線	135	543	27.0	18.6	97.2	36.4	13.0	25.0	25.6	8.43	2.08
	合計	585	442	23.2	16.2	88.1	36.2	13.8	25.2	24.8	10.4	1.76
県道	1車線	227	398	20.9	15.4	77.9	32.5	15.4	25.7	26.4	8.86	1.58
	2車線	20	506	24.3	16.5	87.4	42.5	9.8	23.6	24.2	26.2	1.98
	合計	247	406	21.2	15.5	78.7	33.3	15.0	25.6	26.2	10.3	1.61
主要地方道	1車線	427	520	23.3	17.5	93.5	31.1	17.4	25.8	25.6	6.88	1.98
	2車線	96	463	26.2	18.1	87.6	38.4	11.1	25.6	24.9	10.1	1.77
	合計	523	509	23.8	17.6	92.4	32.4	16.2	25.8	25.5	7.47	1.94
国道	1車線	514	375	20.3	14.8	75.8	34.0	15.4	24.9	25.6	8.37	1.51
	2車線	742	670	27.2	19.7	100	34.7	15.4	24.9	25.0	8.82	2.36
	3車線	10	1160	44.2	33.8	126	24.4	13.9	33.6	28.2	3.38	3.73
	合計	1266	554	24.5	17.9	90.5	34.3	15.4	25.0	25.3	8.60	2.03
高速道路	—	62	23	6.0	3.0	23.9	50.0	9.8	14.9	25.3	39.6	0.32
	2車線	53	15200	65.3	64.2	778	6.4	34.8	29.8	29.0	4.10	31.4
	3車線	13	3110	57.4	53.3	212	12.9	28.3	31.1	27.7	3.08	8.34
	合計	128	6640	35.8	33.5	355	28.2	22.0	22.7	27.1	21.2	14.0

表 2-2 旅行時間加重平均値

道路種別	片側車線数	有効ST数	ST長(m)	走行速度(km/時)	旅行速度(km/時)	旅行時間(秒)	モード別時間比率(%)				普通貨物車NOx排出状況	
							停止	定速	加速	減速	単位距離当たり(g/km/台)	1ST当たり(g/台)
1.2級市道	1車線	450	657	26.0	18.6	122	33.4	16.2	26.4	24.0	10.6	2.54
	2車線	135	878	31.7	22.3	135	35.7	15.2	25.3	23.8	7.33	3.16
	合計	585	714	27.4	19.6	125	34.0	16.0	26.1	24.0	9.74	2.70
県道	1車線	227	639	26.0	19.3	111	30.4	17.5	26.6	25.5	6.64	2.41
	2車線	20	823	31.1	21.8	117	37.9	11.3	25.4	25.4	20.9	2.95
	合計	247	656	26.4	19.6	111	31.0	17.0	26.5	25.5	7.92	2.46
主要地方道	1車線	427	848	27.7	21.5	131	27.9	19.5	27.1	25.4	5.68	3.05
	2車線	96	649	30.6	21.5	110	36.6	12.8	26.2	24.4	8.46	2.38
	合計	523	813	28.2	21.5	127	29.4	18.4	26.9	25.2	6.16	2.93
国道	1車線	514	615	24.8	18.5	106	30.8	17.5	26.3	25.5	6.43	2.33
	2車線	742	1210	34.9	26.4	148	30.2	17.4	27.3	25.2	6.22	3.99
	3車線	10	1500	46.2	35.8	154	23	15.7	33.2	28.1	3.31	4.76
	合計	1266	1010	31.6	23.8	134	30.3	17.4	27.0	25.3	6.26	3.44
高速道路	—	62	56	10.1	4.1	51.7	59.3	8.3	13.2	19.2	76.6	0.67
	2車線	53	21500	78.5	77.8	1060	1.2	39.0	31.5	28.2	2.19	43.3
	3車線	13	3600	59.2	55.3	245	9.6	30.1	32.2	28.1	2.88	9.72
	合計	128	19700	75.1	74.0	980	3.6	37.5	30.9	27.9	4.66	39.8

- (注) 1) 異なる車線数の道路間で発生したSTについては、旅行時間の長い車線数のSTとして集計した。
2) 高速道路の「—」は、料金所或いは出口付近で発生したSTだけを集計したことを示す。

表 3 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

車線数の効果を判定することはできない。

走行モードについては、国道片側3車線及び高速道路を除くと時間構成率で加速及び減速が25%程度、停止30数%及び定速10数%程度で大きくは変わらない。国道片側3車線はデータ数が少

ないが、停止が減少し、加速・減速が増加する傾向にある。また、高速道路では料金所等を除くと、停止が10%以下と低く、他のモードは各30%程度となっている。

推計した普通貨物車のNOx排出状況から、単位距離当たりの排出量は高速道路の料金所等付近が極めて大きく、市道片側1車線、県道及び主要地方道の片側2車線となっている。一方、1ST当たりの排出量で見ると旅行時間の極めて長い高速道路片側2車線が極めて大きく、高速道路以外では国道片側2車線及び3車線などが比較的高い値を示している。

3・2 ST構成要素の特徴等

(1) 旅行速度出現状況

高速道路を除くSTについて、自動車からのNOx等の大気汚染物質を推計するための重要な要素である旅行速度の出現状況を道路種別に図3に示す。

道路種別による大きな違いはなく、10km/時以下、20km/時前後及び30km/時前後の出現状況が比較的高い。ただし、高規格道路ほど40km/時以上の旅行速度の出現頻度が高い傾向が認められる。また、高速道路のST旅行速度出現状況は極端な分布を示しており、図3と同様に整理すると、図の両側すなわち5km/時以下(料金所等)及び55km/時以上(通常走行時)に殆どのSTが出現している。

(2) 旅行速度と旅行時間の関係

高速道路を除くSTについて、旅行速度ランク別平均旅行時間を道路種別に図4に示す。

道路種別による違いはあまりなく、旅行速度と平均旅行時間の関係は正の切片を持つ一次式で近似できる傾向を示している。そこで、高速道路を除く全STについて、旅行速度と旅行時間の関係を図5に示す。なお、図の一次回帰式は全体の分布に対するものである。

図から、バラツキはあるものの想定されたように旅行速度と旅行時間は正の切片を持つ一次回帰式で近似できる傾向にある。そこで、道路種別に一次回帰式を求めた結果を表4に示す。

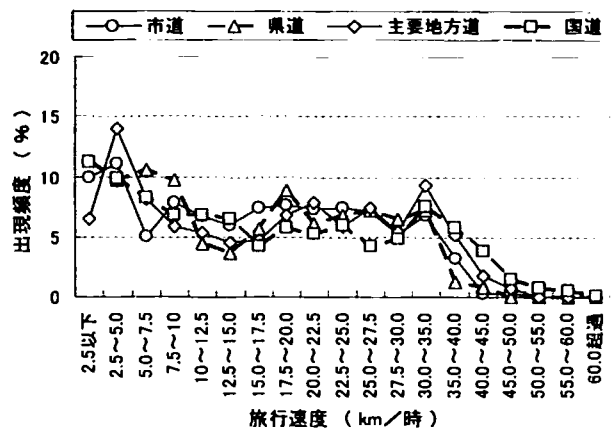


図3 道路種別ST旅行速度出現状況

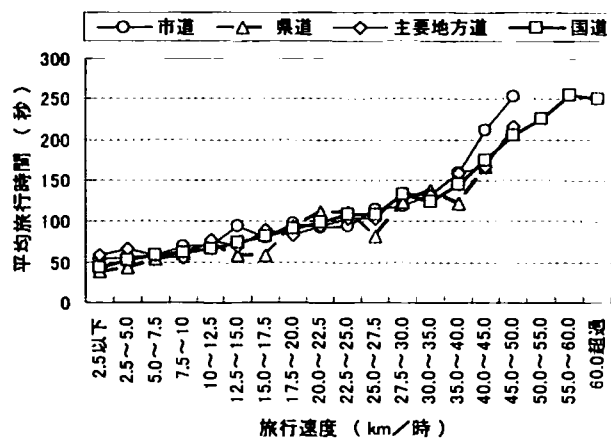


図4 道路種別旅行速度別ST平均旅行時間

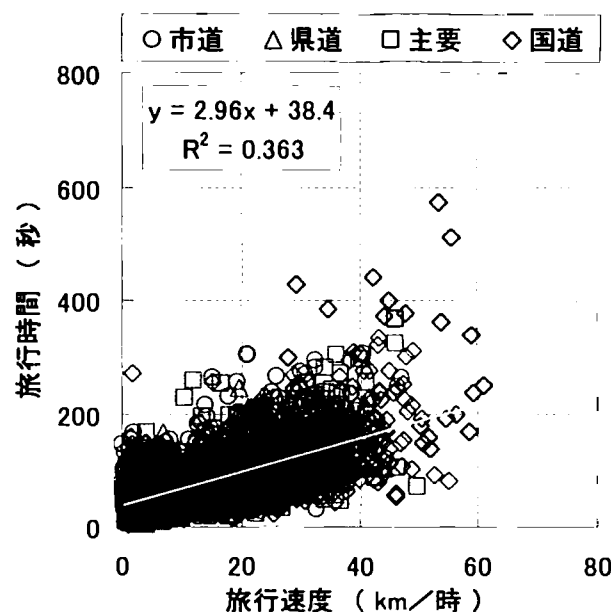


図5 STにおける旅行速度と旅行時間の関係

表 4 道路種別 S T 旅行速度と旅行時間の関係

道路種別	決定係数 (R ²)	回 帰 式
市 道	0.246	y = 2.71x + 44.2
県 道	0.360	y = 2.88x + 34.2
主要地方道	0.302	y = 2.70x + 44.9
国 道	0.430	y = 3.12x + 35.1
高速道路	0.743	y = 11.5x - 28.3

表から、高速道路を除く一次回帰式の切片及び傾きに大きな差はなく、図 5 に示した一次回帰式でほぼ高速道路を除く道路全体の関係を表すことができると考えられる。一方、表のように高速道路についても同様に一次式の関係にあるが、負の切片を持ち傾きも他の道路とは大きくことなる傾向にあった。

(3) 旅行速度と S T 長の関係

ST 長とは旅行距離のことで、旅行速度と旅行時間の積となる。したがって、旅行速度と旅行時間が表 4 の一次式の関係にあるとすれば、ST の旅行速度と ST 長の関係は二次関数 (y=ax²+bx) となることが想定される。そこで、高速道路を除く全 ST について、旅行速度と ST 長の関係を図 6 に示す。なお、図の二次回帰式は全体の分布に対

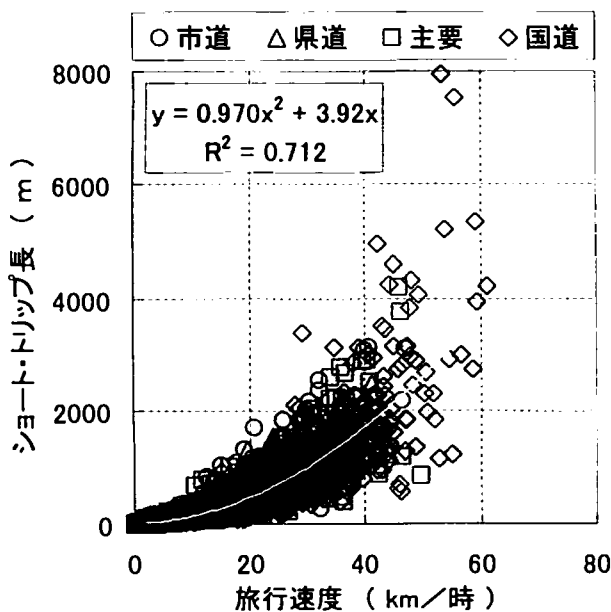


図 6 S T における旅行速度と S T 長の関係

表 5 道路種別 S T 旅行速度と S T 長の関係

道路種別	決定係数 (R ²)	回 帰 式
市 道	0.660	y = 0.888x ² + 6.46x
県 道	0.799	y = 0.799x ² + 8.04x
主要地方道	0.694	y = 0.898x ² + 5.96x
国 道	0.723	y = 1.01x ² + 2.42x
高速道路	0.808	y = 3.54x ² - 55.1x

するものである。

図から、ややバラツキはあるものの旅行速度と ST 長の関係は想定した二次関数となることが分かる。そこで、道路種別に二次回帰式を求めた結果を表 5 に示す。

表から、国道の係数がやや他の道路と異なるが、高速道路を除く道路全体の旅行速度と ST 長の関係は、図 6 の回帰式と大きくは変わらないと言える。また、高速道路については表 4 の回帰式から想定されるように一次項の係数が負となる二次関数の関係となっている。

3・3 NOx 排出量低減のための交通流に関する要件の検討

高速道路を除く全 ST における旅行時間と単位距離当たりの普通貨物車 1 台の NOx 排出量の関係を図 7 に示す。なお、図 7 では極めて高い NOx 排出量を示した 1 つの ST を図示していない。

図から、旅行時間が短くなると 1ST 当たりの NOx 排出量が増大する傾向が認められる。したがって、NOx に代表される自動車排出大気汚染物質の低化を図るためには、図からどの ST 旅行時間も理想的には 150 秒以上、最低でも 120 秒以上となるような交通流の実現が必要となる。この旅行時間 120 秒は、前項の関係から旅行速度が約 28km/時、ST 長が約 850m と推定され、この走行状態はほぼ表 2-1 の国道片側 3 車線の平均的な走行状態に相当する。

ただし、表 2-2 の旅行時間加重平均値から旅行時間の観点で見ると、千葉県の平常時における走行状態では概ね上記の要件に近い状況にあると

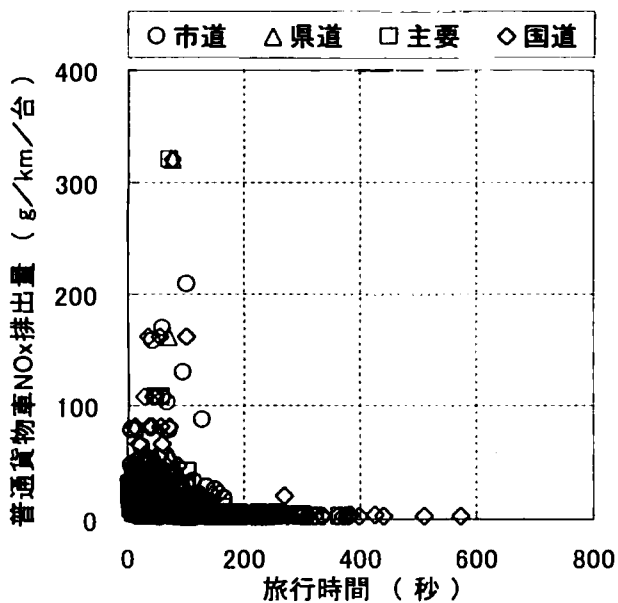


図7 旅行時間と普通貨物車 NOx 排出量の関係

言える。しかしながら個々のSTについて見ると、図7の低速域のSTでは非常に高いNOx排出量となる状態があり、さらなる交通流の改善を進める必要があると考えられる。

3・4 交通流改善の検討

前項の検討から、自動車排出 NOx 等の低化を図るためには全幹線道路を片側3車線化することが考えられるが、その実現は不可能と言わざるを得ない。現実的な交通流の改善策としては、道路構造の改良や信号管制の最適化などが挙げられるが、ここでは本報における実測事例及び海外の対策事例から一考した。

(1) 調査期間中の実測事例

調査期間中の実測事例として、図1に示したルート1の③～②の区間の国道6号下り線の松戸市根木内～柏市旭町交差点における各調査日の旅行速度の変化を図8に示す。

図から、10月1日は走行状態が良好で、この区間を合計6STで通過している。また、11月5日は10月1日に比べると旭町交差点付近で混雑が認められるが、合計15STでこの区間を通過している。これに対して、10月17日は根木内から約900mの地点から渋滞が発生して非常に混雑しており、同一の区間を通過するのに56ST

を要している。この渋滞は、旭町交差点の先に大型車が駐車していたために発生したものであった。

この区間の各調査日における自動車走行状況及び旭町交差点にあって国道6号に面する柏市旭自排局(国道6号からの道路直行風:東南東)の大気汚染物質濃度等を表6に示す。なお、表の交通量は千葉県警察本部交通規制課の所管するトラフィック・カウンターによる測定値であり、NOx排出量の推計には平成9年度交通センサス⁴⁾柏市あけぼの1丁目の車種構成を用いた。また、旭自排局では風向・風速を測定していないため、風向・風速のデータは直近の柏市柏一般局のデータを用いた。

表から、10月17日は大型車の駐車により旅行速度などの自動車走行状態が低下し、反対にNOx排出量が他の調査日に対して2倍程度に増加していることが分かる。ただし、旭自排局のNOx及びCO濃度については、当日の風速が大きく高濃

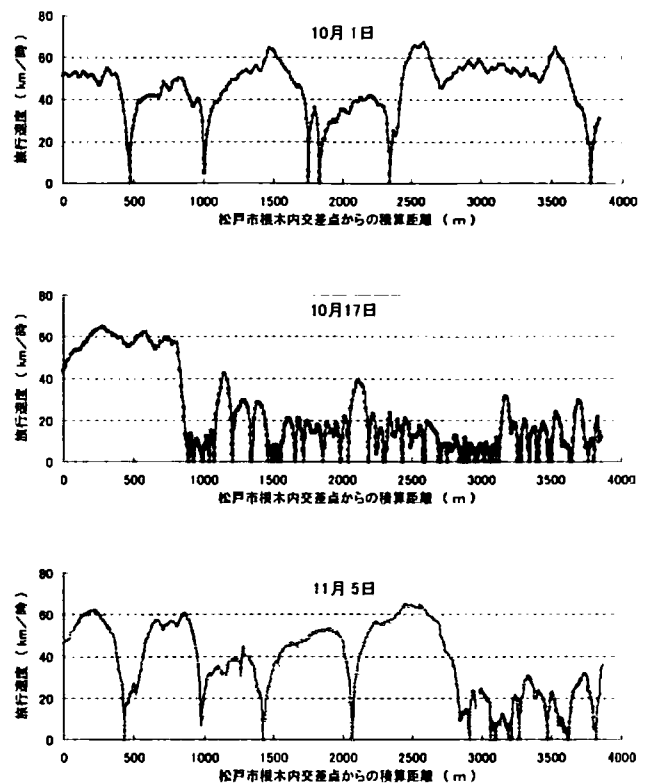


図8 国道6号下り線松戸市根木内～柏旭町交差点における走行状況

表 6 国道 6 号下り線松戸市根木内～柏市旭町交差点区間の走行状況及び環境データ等

調査年月日	時間帯	区間走行状態等			環境データ等			
		交通量 (台/時)	旅行速度 (km/時)	推計NO _x 排 出量(kg)	柏市柏一般局		柏市旭自排局	
					風向	風速 (m/秒)	NO _x 濃度 (ppb)	CO濃度 (ppm)
2003年10月 1日 (水)	13:58～14:06	1315	30.8	5.00	南	3.7	111	1.0
2003年10月17日 (金)	11:01～11:43	979	5.9	10.54	東北東	5.1	83	0.5
2003年11月 5日 (水)	13:30～13:45	1224	16.5	6.74	東	0.9	129	0.8

度の発生し難い状況にあり、調査日の中で最も低い値を示している。したがって、推計された自動車NO_x排出量の増加も直接的に道路沿道の環境濃度増加に結びついてはいなかった。いずれにしても、幹線道路上の駐車車両は、自動車走行状態の悪化と大気汚染物質の排出を招くことになると言える。

(2) 海外の対策事例

上述の事例及び主要地方道などの片側2車線区間におけるSTの調査結果から、駐車車両による自動車走行状態の低下が交通流の改善を考える上での一つの課題であると言える。こうした駐車車両対策から発展した交通流対策の一つとしてLondonにおけるRed Routes対策⁵⁾(写真1参照)を挙げることができる。

Red Routesとは読んで字のごとく「赤いルート」を意味しており、赤の二重線(写真1の路端参照)区間は終日駐車禁止、赤の一重線区間は曜日・時間帯指定による駐車禁止区間と言う規制ルートであることを示している。この対策は、London市内における違法駐車対策の一環として1990年代初頭



写真 1 Red Routes の一例 (インターネットから)

に導入されたもので、その後この対策による交通流の改善等が顕著であることから対象ルートの拡大及び対策内容の改良が進められている。この対策の優れた点は単なる駐停車禁止規制だけではなく、駐停車禁止区間における積降しスペース、短時間駐車スペース、身障者駐車スペースなどのインフラ整備や後部に駐車取締りカメラを備えたバスの配備による取締りの強化など、規制と整備を組み合わせた対策となっている点にある。

このRed Routes対策によるエミッション低減効果については、UTMC (Urban Traffic Management & Control) の報告⁶⁾では次のように記述されている。

「The pilot Red Route in London was estimated to reduce emissions of NO_x by between 1% and 3%, VOC by 8% to 17% and CO by 7% to 16% by reducing congestion.」

こうした効果のほかにも、交通流の円滑化、騒音低減、交通事故の減少などを報告した例もあり、London周辺地域へのルートの拡大が進められているほか、EU域内の他の国でも実施が検討されている。

上述の実測事例とこうした対策事例を考慮すると、幹線道路や大都市の主要幹線道路へこうした対策を実施することは、交通流の改善と大気汚染低減に有効と考えられる。

4 おわりに

2003年度～2004年度に実施した千葉県内の交通流実測調査の結果から、自動車走行状態を評価する

上で最も基本となるショートトリップの集計，解析結果について報告した。この調査結果については，走行路線を交通量等の観点から幾つかの区間に分割し，各区間の走行状態について交通量，車線数或いは信号密度などの交通流さらには大気汚染への影響について現在も解析中である。

今後，こうした解析結果について報告し，交通流の実態と大気汚染の関係についてさらに検討を進める予定である。

引用文献

- 1) 環境省環境管理局：平成 15 年度大気汚染状況報告書。(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：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)。
- 4) 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)。
- 5) (財) 駐車場整備推進機構：海外駐車場調査報告〈欧州〉(1) 第 8 回欧州都市交通・駐車場実態調査－調査報告概要(その 1)－，JPO ニュース，No.34。(2000)。
- 6) K Wood and M E J Harrison：LITERATURE REVIEW OF UTMC AND EMISSIONS (UTMC 03: STRATEGIES TO MINIMISE EMISSIONS DRAFT LITERATURE REVIEW)。(1998)。