

自動車排出ガス測定局の測定結果を用いた道路沿道地域の汚染状況評価手法

竹内和俊

1 目的

国の自動車排出ガス規制や1都3県におけるディーゼル条例などにより自動車排出ガス測定局（自排局）の環境改善は進んでおり、千葉県でも2007年度には自排局を含めた全ての測定局で初めて浮遊粒子状物質（SPM）に係る環境基準が達成された。こうした状況は今後も変わらず、環境基準の達成状況の極めて低い光化学オキシダントを測定していない千葉県の自排局では全局・全項目の達成も遠い将来のことではないと考えられる。

しかしながら、自動車から排出される大気汚染物質の量等は走行状態によって変化するため、自排局での環境基準の達成は周辺道路沿道での達成を意味し、必ずしも対象道路の全沿道地域での達成を意味するものとは言えない。このことは、何らかの方法によって全道路沿道地域における環境状況を把握し、沿道地域の汚染状況を検証することの必要性を示している。

そこで、本研究においては、自排局における測定値等を基に簡便な方法で道路沿道地域での大気汚染物質濃度を推計、評価する手法を確立すると共に予測結果からの問題点抽出及び対応策について検討することを目的とした。

2 調査・研究方法

2・1 研究方法の概要

研究方法の概略図を図1に示す。

研究方法の大略は、従来の大気拡散モデルによる方法と同様である。ただし、本研究では、自動車交通流の実態調査から対象道路の汚染物質排出パターンを設定し、発生源条件のモデル化を行う点などが異なっている。

なお、シミュレーション・モデルは、「道路環境影響評価の技術手法、(財)道路環境研究所」(技術手法)及び「窒素酸化物総量規制マニュアル [増補改訂版]、

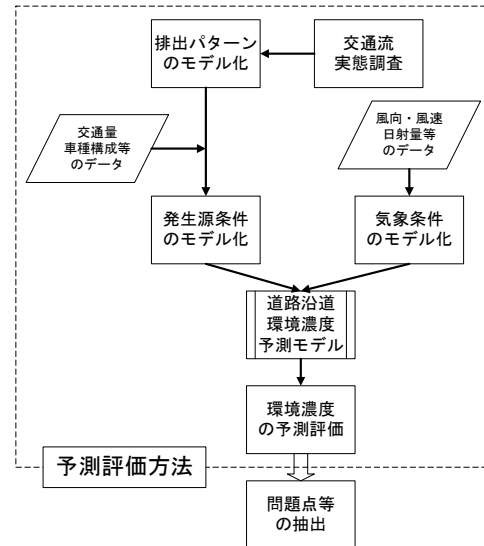


図 1 研究方法概略図

公害研究対策センター」(マニュアル)を参考に構築した。

2・2 対象年度

2006年度とした。

2・3 モデル地域等

柏大津ヶ丘自排局（路端距離：10.8m、路面からの測定高度：2.5m）周辺をモデル地域とし、その前面の国道16号を対象道路とした。この大津ヶ丘局では、二酸化窒素（NO₂）に係る環境基準が1998年度から、SPMに係る環境基準が2000年度から達成、維持されている。

交通流の実態調査区間は国道16号白井市富塚～柏市十余二とした。この区間には、国道16号が国道6号と交差する呼塚交差点及び主要地方道船橋我孫子線と交差する大島田交差点の2つのボトルネックがあり、大津ヶ丘局は大島田交差点の比較的近傍に位置している。本研究では、これら3地点を予測、評価等の対象地点とした。モデル地域及び交通流実態調査の区間等を図2に示す。



図 2 研究対象モデル地域及び交通流実態調査区間等

2・4 交通流実態調査

交通流実態調査は、車載式ディーゼル自動車排気ガス測定装置及び GPS 航法装置による走行計測システムを搭載した試験車両を実走行し、1 回/秒の頻度で試験車両の窒素酸化物 (NO_x) 及び粒子状物質 (PM) 排出状況と位置 (緯度・経度) 及び車速等を収録することにより行った。試験車両には、ディーゼル平積み 2t トラックをレンタルして用いた。

交通流の調査日時は 2006 年 10 月 4 日(水), 10 日(火), 12 日(木), 16 日(月) 及び 20 日(金) の計 5 日の概ね 10 時~12 時の平常時を対象とし、実走行試験は上下線方向に各 2 回/日の合計 20 回実施した。なお、交通流解析による排出パターンのモデル化にあたっては、2000 年 12 月 14 日(木) 午前 3 時~20 時に同一の区間で実施した交通流調査結果 (汚染物質データ無し) も利用した。

2・5 発生源モデル

発生源条件については、曜日 (平日,土曜等,休日) 及び時間帯 (過疎,平常,過密) の区分を行って解析,モデル化¹⁾を進めた。

2・5・1 交通量

交通量については、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 (トラフィック) のデータを使用することを基本とし、各予測地点近傍のトラフィックのデータを使用した。

2・5・2 車種構成

車種構成については、1998 年度まで大津ヶ丘局で測

定されていた 3 車種分類による交通量データの 1997 年度解析結果と 1997 年 (8 車種分類) 及び 2005 年 (4 車種分類) 交通センサス柏市弥生町のデータから推計した。

2・5・3 旅行速度

大津ヶ丘及び大島田については、前述の 2000 年度に実施した国道 16 号実走行調査結果から求めた次式 (Greenshields モデル) により旅行速度を推定することを基本とした。

$$V = 31 \pm (961 - q / 1.87)^{1/2}$$

ただし、V : 上下線別旅行速度 (km/時)

q : 上下線別交通量 (台/時)

+ : 自由流, - : 拘束流

なお、予測地点毎に交通流を解析して適宜拘束流となる時間帯を設定し、その他は自由流とした。さらに、トラフィックの車速を解析して求めた速度条件に応じて拘束流となる場合を設定した。

また、呼塚については、車速が低く相関の高い Greenshields モデルが設定できなかったため、トラフィックの車速をそのまま用いた。

2・5・4 排出係数

排出係数については、2005 年度の 8 車種分類による千葉県排出係数を使用した。

2・6 気象モデル

風向・風速は大津ヶ丘局の測定値をそのまま使用し、松戸根本一般局 (欠測の場合には習志野東習志野一般局) の日射量及び館野高層気象台の放射収支量から大

気安定度を設定した。

2・7 シミュレーション・モデル

以下によりシミュレーション・モデルを構築し、拡散計算プログラムは VBA (Visual Basic for Applications) で作成した。シミュレーションは NO_x を対象汚染物質とし、大津ヶ丘、大島田及び呼塚断面の道路の両側の路端距離 5m, 10m, 20m, 50m 及び 100m の計 10 地点の予測高度 2.5m を対象に、2006 年度の 8760 時間について月毎に 1 時間値ベースで行った。

なお、大津ヶ丘断面では、大津ヶ丘局も予測地点とし、次項に示すように結果を利用したファクター等を予測モデルに組み込んだ。また、呼塚断面については、交差点周辺の道路形状が大幅に異なること及びバックグラウンド濃度の評価を行うため、呼塚交差点の南側約 200m の柏市柏一般局 (路端距離: 45m, 測定高度: 9m) を通過する断面を予測断面とした。

2・7・1 大気拡散モデル

技術手法に示されているモデルを基本とした。ただし、以下の事項を変更した。

- ア 有風時 (1m/秒超過) の拡散幅については、初期拡散幅は技術手法と同様とし、マニュアルの方法による大気安定度を考慮した。
- イ 弱風時 (1m/秒以下) のモデルにおける昼夜の区分は日射量により判別した。
- ウ 発生源強度については、実走行調査結果から設定した排出パターンを組み込んだ。

エ 自排局における測定結果を有効に活用する観点から、NO_x バックグラウンド濃度及び補正ファクターを次のとおり設定、算出した。

なお、算出した補正ファクターを各地点のシミュレーション予測値に乘じ、バックグラウンド濃度を加算して最終的な予測濃度とした。

- ・ 大津ヶ丘局における予測値が実測値を下回った場合 : 補正ファクターを「1」とし、実測値と予測値の差を NO_x バックグラウンド濃度とした。
- ・ 大津ヶ丘局における予測値が実測値を上回った場合 : NO_x バックグラウンド濃度を大津ヶ丘局の NO_x 濃度の月間最低値とし、実測値か

らこの最低値を差し引いた値を予測値で除したものを補正ファクターとした。

2・7・2 NO₂変換モデル

NO₂変換モデルには、マニュアルの統計モデルを用いた。統計モデルは、道路近傍地点 (路端距離 5m, 10m, 20m, 50m) については大津ヶ丘局、路端距離 100m 地点については大津ヶ丘局及び柏永楽台一般局または我孫子湖北台一般局の 2006 年度 NO_x 濃度データから解析、作成した。

2・7・3 シミュレーションの実施

- ア 上述の発生源、気象及び大気拡散モデル等を用いて、大津ヶ丘断面での NO_x 現状シミュレーションを実施し、補正ファクター及びバックグラウンド濃度を求めると共に沿道濃度の予測を行った。
- イ 上記補正ファクター及びバックグラウンド濃度をそのまま用い、シミュレーションによる 2006 年度の大島田断面の沿道濃度を推計した。
- ウ 推計したバックグラウンド濃度と柏一般局の NO_x 濃度等の関係を検証、評価した上で、2006 年度における呼塚断面のシミュレーションを実施し、沿道濃度を推計した。

3 結果

3・1 交通流実態調査

3・1・1 車速及び汚染物質排出量等測定結果

1 例として、2006 年 10 月 4 日 (水) の 1 回目の実走行試験 (上り線柏方向) における車速及び NO_x 排出量の変化を図 3 に例示する。

図の左側白井市富塚から右側柏市十余二に向かって試験車輦は走行し、調査区間の旅行時間は 23 分 13 秒であった。途中、車速のグラフが途切れているのが呼塚トンネルである。NO_x 排出量が加速時、特に停止からの発進時に多いことなどの排出特性が認められる。

3・1・2 モード別汚染物質排出量

計 20 回の実走行試験の全区間におけるモード別車速、加速度、NO_x 及び PM 排出量の平均値を求め、平均 NO_x または PM 排出量と平均車速及び加速度の関係を重回帰分析により求めた。なお、PM については、直接測定されるのが吸光係数であるため、「平成 15 年度環境省委託使用過程車 NO_x・PM 低減

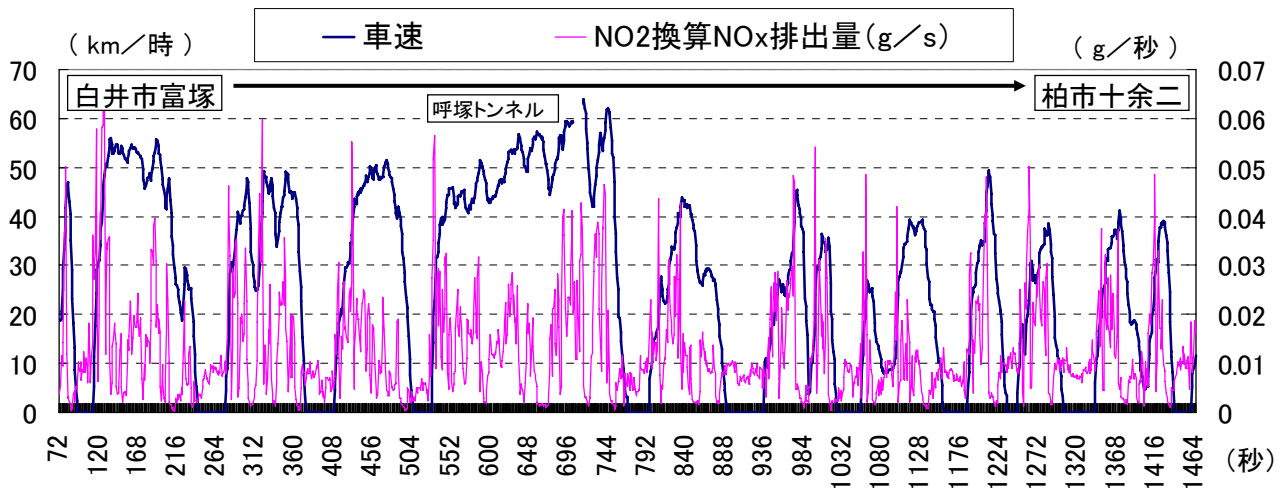


図 3 試験車輛の車速及びNOx 排出量の測定例 (2006年10月4日(水)9:49:46~10:12:59)

対策調査 ((株)数理計画, 2004年3月)」に示されている回帰式からPM濃度を推計して排出量を求めた。また、走行モードの分類は表1によった。

図3から、試験車輛の停止時のNOx排出量はややバラツキがあるものの、比較的安定した排出状況にあると考えられる。この点を考慮し、ここでの解析では停止時の平均排出量をベースの排出量と仮定し、その上でモード別の平均NOxまたはPM排出量と平均車速及び加速度の関係を求めることにより行った。ベース排出量として求めた停止時の平均NOx及びPM排出量は、それぞれ0.00493g/秒及び0.000222g/秒であった。

上述の仮定から求めたモード別平均NOxまたはPM排出量と平均車速及び加速度の関係を表2に示す。

3・1・3 排出パターンのモデル化

今回の計20回の実走行調査結果と2000年の実走行調査による車速及び加速度等から表2により推計したNOx排出量を対象に、各予測地点前面の国道16号の400mの区間を20m毎の区間に区切って集計し、上下線別、過疎時、平常時及び過密時の別にNOx排出パターンを設定した。

表 1 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

表 2 走行モード別NOxまたはPM排出量と車速及び加速度の関係

汚染物質	モード	決定係数	重 回 帰 式
NOx	加速時	0.978	$Q_{NOx} = 0.000514V + 0.0000711A + 0.00493$
	減速時	0.883	$Q_{NOx} = 0.000057V + 0.000222A + 0.00493$
	定速時	0.981	$Q_{NOx} = 0.000216V + 0.0443A + 0.00493$
PM	加速時	0.976	$Q_{PM} = 0.0000281V + 0.0000222A + 0.000222$
	減速時	0.979	$Q_{PM} = 0.0000161V + 0.0000669A + 0.000222$
	定速時	0.975	$Q_{PM} = 0.0000151V + 0.000344A + 0.000222$

(注) Q_{NOx} : NO₂換算平均NOx排出量(g/秒), Q_{PM} : 平均PM排出量(g/秒), V: 平均車速(km/時), A: 平均加速度(km/時/秒)

結果の一例として、大島田交差点における NOx 排出パターンを図 4 に示す。なお、図の中心線が大島田交差点で、縦軸は無次元の比率を、横軸は 20m 区間の番号で南側から北側に向かって OS01～OS20 の順である

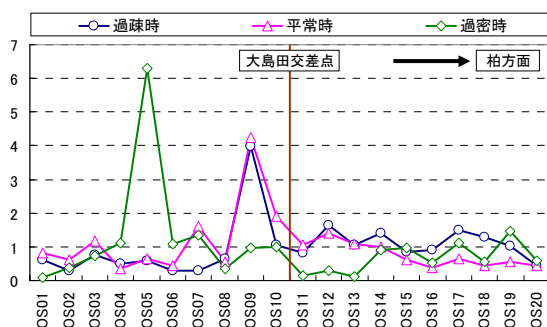
図から、地点は異なるが上下線や過疎時、平常時及び過密時の違いによらず、国道 16 号のこの区間を走行する自動車は大島田交差点の手前で停止、発進するため、そうした地点における NOx 排出量が他の区間より多いことが分かる。本研究では、こうして求めた各予測地点前面の自動車 NOx 排出量のパターンを発生源モデルに組み込み、シミュレーションを実施した。

3・2 自動車 NOx 排出量推計結果

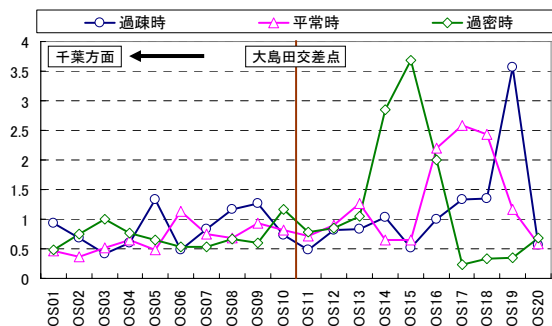
3・2・1 交通量

交通量の一例として、各予測地点の平日上り線における時刻別交通量の平均値を求めて、図 5 に示す。

図から、交通量はどの地点もあまり大きくは変わらないが、早朝は大島田が少なく、夕方～夜間には大津ヶ



a 上り線



b 下り線

図 4 大島田交差点における NOx 排出パターン

丘の交通量が少ない傾向にある。

3・2・2 旅行速度

旅行速度の推計値の一例として、各予測地点の平日上り線における時刻別旅行速度の平均値を求めて、図 6 に示す。

図から、旅行速度は全般的に呼塚が他の 2 地点より低いが、これは前述のように旅行速度の推計に採用した手法の違いによるものである。

なお、NOx 排出量の推計に用いる旅行速度としては Greenshields モデル等により推計される 1km 程度の区間の旅行速度を使用することが望ましいが、呼塚の旅行速度はトラフィックの時間占有率から算出した瞬間車速である。

3・2・3 NOx 排出量推計結果

NOx 排出量推計値の一例として、各予測地点の平日における時刻別 NOx 排出量の平均値を上下線別に求めて、図 7 に示す

図から、推計に用いた旅行速度が低いことや呼塚で

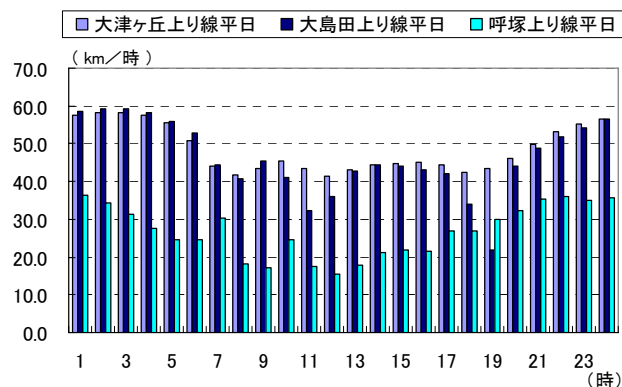


図 5 平日における上り線の時刻別平均交通量

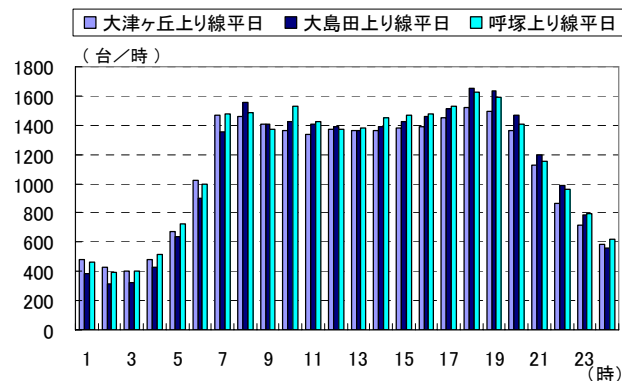


図 6 平日における上り線の時刻別平均旅行速度

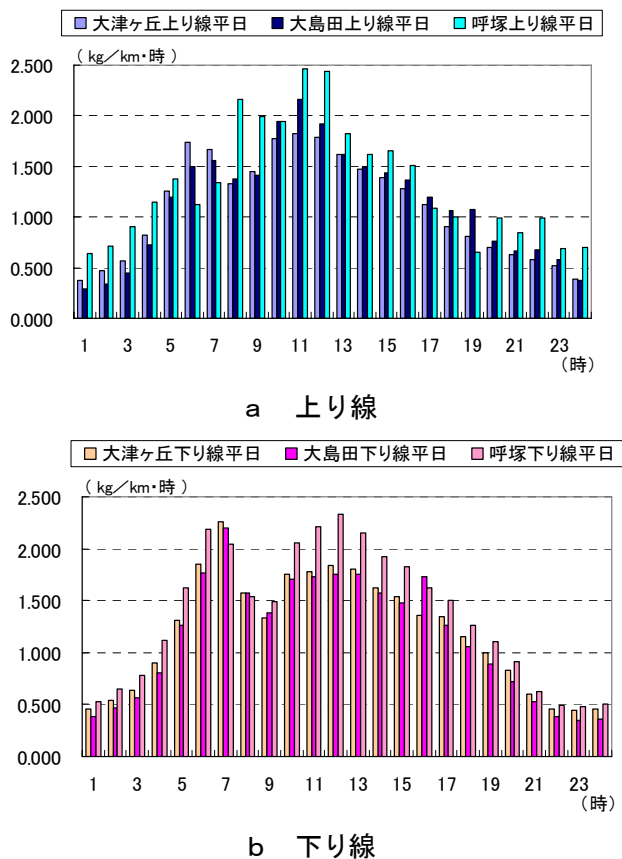


図 7 平日における上下線別、時刻別 NOx 排出量

はセンサスの車種構成のみで排出量を推計したことなどから、呼塚の NOx 排出量が大きく推計されている場合が上下線とも多い。一方、もう一つのボトルネックである大島田は、大津ヶ丘と比べても少ない排出量に推計されている場合が下り線を中心に多い傾向にある。

3・3 気象モデル

気象モデルの一例として、風向の出現状況を図 8 に示す。なお、赤実太線は国道 16 号の走行方向を示し、

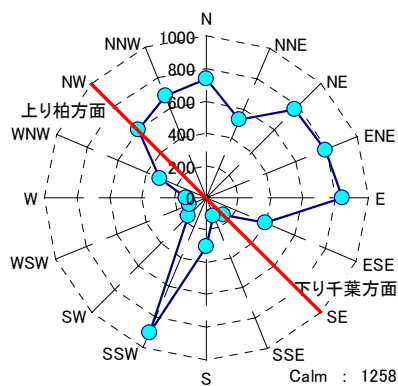


図 8 風向出現状況

大津ヶ丘局は道路の南西側に位置する。

図から、道路の北東側から南西側への風向が卓越していることが分かる。

3・4 シミュレーション結果

3・4・1 大津ヶ丘断面における現状シミュレーション

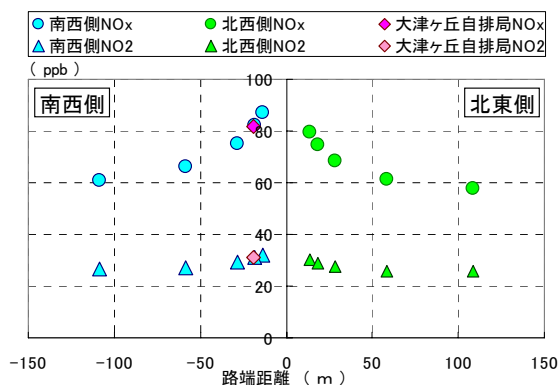
大津ヶ丘断面における NOx 現状シミュレーションの結果から、路端距離と NOx 及び NO₂ 濃度年平均値の関係を図 9 に示す。なお、●印及び▲印は予測値であり、◆印は実測値である。

大津ヶ丘局は国道 16 号の南西側の路端距離 10.8m の地点で、南西側路端距離 10m の予測地点に極めて近い位置にある。このため、図 9 から NOx 及び NO₂ 濃度年平均値がほぼ同じ値であることが分かる。そこで、両地点の 2006 年度 365 日間の NOx 濃度日平均値と NO₂ 濃度日平均値の実測値及び予測値を求め、その関係をそれぞれ図 10 及び図 11 に示す。

図 10 から、NOx 濃度はほぼ 1 対 1 の極めて良い関係にあることが分かるが、これは補正ファクター及びバックグラウンド濃度を前述のように設定したことによる当然の帰結である。一方、NO₂ 濃度日平均値も、ややバラツキがあるものの比較的良い関係にあり、自排局の測定結果を有効に利用した良いモデルができたと考えられる。

図 9 の大津ヶ丘断面の年平均値予測結果は、図 8 の風向出現状況から国道 16 号の北東側より南西側の濃度が高い傾向を示している。その結果、大津ヶ丘断面で NO₂ 濃度の日平均値の 98% 値が最も高かった地点

図 9 大津ヶ丘断面における路端距離と NOx 濃度の関係



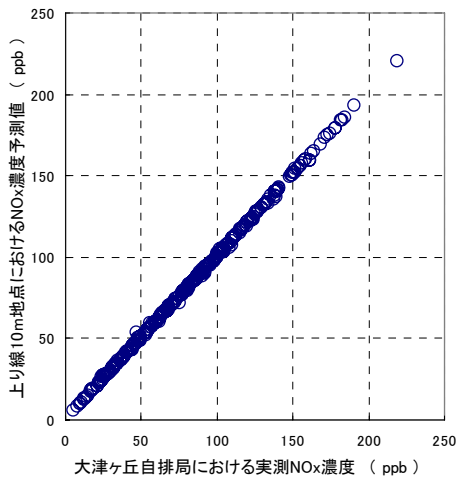


図 10 大津ヶ丘断面における NOx 濃度の関係

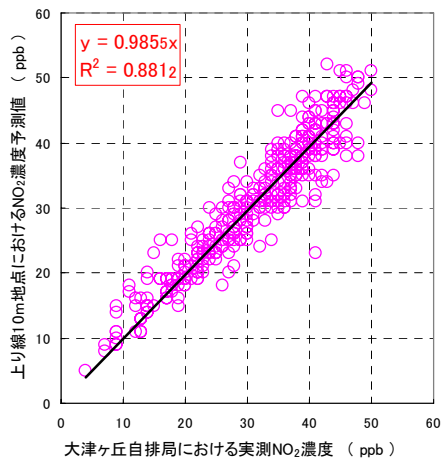


図 11 大津ヶ丘断面における NO₂ 濃度の関係

は、南西側路端距離 5m の 51ppb で、大津ヶ丘断面では 2006 年度は環境基準が完全に達成されていたと推察された。

なお、補正ファクターの出現状況は図 12 のとおりであり、実測値を超え濃度の補正を行ったファクター 1 以下のケースは全体の 4.3%であった。

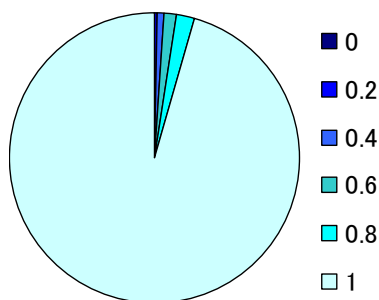


図 12 補正ファクター出現状況

また、予測された国道 16 号の大津ヶ丘局に対する NO_x 寄与率は月平均値で 26~38%で、やや低い傾向にあった。

3・4・2 大島田断面における予測シミュレーション

大島田断面における NO_x 予測シミュレーションの結果から、路端距離と NO_x 及び NO₂ 濃度年平均値の関係を図 13 に示す。

図から、NO_x 排出量はやや低かったものの NO_x 濃度は大津ヶ丘断面より高く、ボトルネックの一つで交通流も停滞し易い交差点の環境濃度の高さが伺える。また、大島田断面で NO₂ 濃度の日平均値の 98%値が最も高かった地点は、南西側路端距離 5m の 54ppb であった。

なお、この結果には、県道船橋我孫子線の影響は加味されておらず、環境基準達成の適否についてはさらなる吟味が必要である。

3・4・3 呼塚断面における予測シミュレーション

(1) バックグラウンド濃度の評価

推計した NO_x バックグラウンド濃度と柏一般局における NO_x 濃度実測値の関係を図 14 に示す。

図から、バックグラウンド濃度のほうがやや高い濃度を示しているが、柏局の測定高度が 9m と高いことを考慮すると両者は比較的一致していると言える²⁾。このことは、この地域に寄与を及ぼす大規模な固定発生源があまりないことを考慮すると、推計したバックグラウンド濃度が比較的離れた道路沿道濃度予測にも使用できることを示していると評価できる。

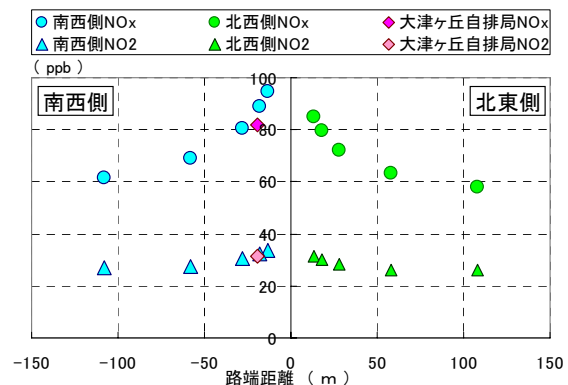


図 13 大島田断面における路端距離と NOx 濃度の関係

(2) シミュレーション結果

補正ファクター及びバックグラウンド濃度をそのまま用いた呼塚断面における NO_x 現状シミュレーションの結果から、路端距離と NO_x 及び NO₂ 濃度年平均値の関係を図 15 に示す。

図から、国道 16 号の南西側の路端距離 10.8m にある大津ヶ丘局と呼塚断面の路端距離 10m の地点の濃

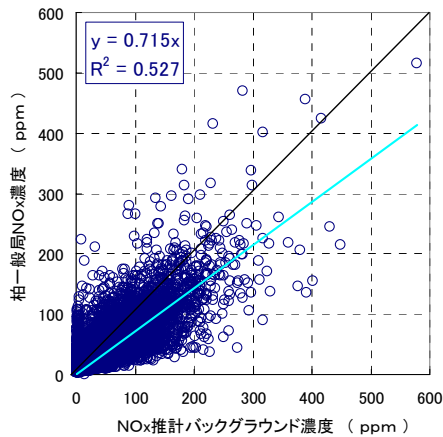


図 14 NO_x バックグラウンド濃度と柏局濃度の関係

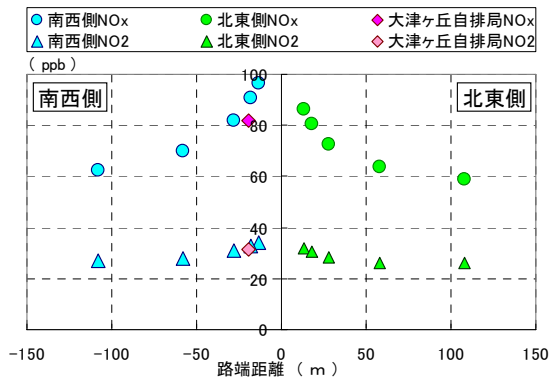


図 15 呼塚断面における路端距離と NO_x 濃度の関係

度予測結果を比べると、NO₂ 濃度年平均値は呼塚断面がやや高い程度であるが、NO_x 濃度年平均値は 10ppb ほど高いことが分かる。結果的に、NO₂ 濃度の日平均値の 98% 値が最も高かった地点は南西側路端距離 5m の 54ppb で、呼塚断面でも 2006 年度には環境基準が達成されていたと推定された。

ただし、呼塚断面が呼塚交差点から 200m 以上北側にあるにも関わらず、大島田交差点より高い傾向にあったことから、呼塚交差点付近では NO₂ に係る環境基準を超過している可能性もあると考えられる。

4 おわりに

自排局における環境改善が顕著である状況を見て本研究を開始したが、その後リモートセンシング (RSD) による調査によって NO₂ に係る環境基準の達成が厳しいことが判明した。ここでのモデルには改善の余地が残されており、今後もモデル改良について検討を重ねたいと考えている。

引用文献

- 1) 竹内和俊：道路沿道の大気汚染物質濃度に及ぼす物流の影響。千葉県環境研究センター年報，3，145～153 (2003)。
- 2) 竹内和俊：自動車排出ガス測定局の NO_x 濃度からの自動車 NO_x 排出量の推定について (Ⅲ) - 平面道路の濃度減衰プロファイルの解析による NO_x 濃度補正方法の検討 -。千葉県環境研究所研究報告，44，1～12 (1999)。

Evaluation Method of State of Pollution of Road Side Areas Using Measurement Results of The Roadside Air Pollution Monitoring Station

Kazutoshi Takeuch

自動車から排出される大気汚染物質の量等が走行状態によって異なることから、本研究では自排局における測定値を基に対象道路沿道での大気汚染状況を推計、評価する手法の確立を目的とした。その結果、柏大津ヶ丘自排局周辺地域をモデル地域として、比較的広い沿道地域の環境濃度を予測、評価する手法を確立すると共に、2006 年度においても対象道路である国道 16 号の最大のボトルネックである呼塚交差点周辺地域では、NO₂ に係る環境規準値を超過している可能性があることも判明した。

キーワード：自動車排出ガス測定局，大気汚染シミュレーションモデル，交通流，汚染状況評価