

局地汚染地域における各種自動車排出ガス抑制対策効果評価手法の
活用に関する調査研究

株式会社 数理計画

局地汚染地域における各種自動車排出ガス抑制対策効果評価手法の活用に関する調査研究

株式会社 数理計画

【調査の目的】

本調査研究では、大都市の幹線道路沿道における局地的な NO_2 高濃度地点に着目し、当該地点において、地方公共団体等が計画・検討している各種自動車排出ガス抑制対策の環境改善効果を、数値シミュレーション（評価ツール）によって定量的に評価する。また、対策を施すことにより、測定局における NO_2 濃度が現状よりどの程度下がるか、周辺領域の面的な濃度分布がどのように変化するかなどの対策効果の定量化・可視化を行い、それらの結果を総合的に勘案して、対策の有効性を検討する。こうした検討結果を、地域の実情に応じた対策を選択するための基礎資料として地方公共団体等に提供するとともに、地方公共団体等がより活用しやすくなるよう評価ツールの整備を進めることにより、沿道の大気環境改善に資することを目的とする。

本調査研究（平成 23～24 年度）の課題

- ①評価ツールにかかる技術的課題の解決による、実用性・有効性の向上。
- ②ケーススタディ地点を追加し適用事例をふやすことによる評価ツールの実用性・有効性及び一般性（地域を選ばず使用可能であること）の検証。
- ③評価ツールの活用範囲や活用法を具体的に説明するガイド資料の作成、外部機関のツール試用などによる実用性・有効性の向上。

【調査の方法】

本調査研究は 2 年度計画であり、平成 24 年度はその 2 年度目として、以下の 1.～5.の調査項目の検討を行った。また、関連分野の専門家からなる検討会を実施し、意見・要望等をいただき、それらを活かし、随時検討内容の見直しを行いながら、調査研究を進めた。

1. DiMCFD 運用手法の検討

濃度の 1 時間値算出に関する DiMCFD（Diffusion Model with Computational Fluid Dynamics）の運用手法について検討を行い、従来実施していた手法以外に、いくつかの手法を提案した。

2. 対象地点における現地実測調査等

平成 23 年度検討会の意見を可能な限り反映させ、平成 23 年度調査研究において選定した新規対象地点（千葉県松戸市・松戸上本郷自排局周辺）における実測計画を策定した。

この実測計画に基づき、実路走行調査、交通量調査、ナンバープレート調査を実施した。実路走行調査は平日 3 日間、交通量調査及びナンバープレート調査はその初日にデータを取得した。また、沿道における NO_x 濃度及び風向・風速を測定する環境調査を実施した。環境調査は、実路走行調査を行った平日 3 日間に、同時に実施した。

3. 自動車発生源データの作成

DiMCFD を用いたシミュレーションのために、松戸上本郷局周辺における自動車発生源データ（時間値データ）を作成した。

実測期間を対象とするシミュレーションに用いるために、実路走行調査、交通量調査等のデータをもとに、平成 23 年度に検討した交通流シミュレーションを利用する手法により作成した。

また、自動車発生源作成手法に係る技術検討の一環として、実測期間を対象に交通流が変化した場合の自動車発生源データを、交通流シミュレーションを利用する手法により作成した。

ケーススタディ・シミュレーションに用いるために、現況及び対策ケースの自動車発生源データを作成した。ここでは、地方公共団体が所有する自動車発生源データの提供を受け、それを基に作成した。

4. シミュレーションの実施及び結果の検討

DiMCFD を用いて、精度検証シミュレーション、技術検討シミュレーション、ケーススタディ・シミュレーションをそれぞれ実施した。

実測期間を対象に、松戸上本郷局ならびに実測地点の風向・風速や NOx 濃度を比較することで、再現性を確認するとともに、対象地域付近の流れ場や濃度分布を解析し、高濃度要因等について検討を行った。

1.で検討した DiMCFD の運用手法の妥当性等を把握するため、DiMCFD に係る技術検討シミュレーションを実施し、検討を行った。

3.で作成した交通流が変化した場合の自動車発生源データを用いてシミュレーションを行い、現況濃度との比較により、効果を定量的に見積もった。

関係地方公共団体等と協議した計算メニューに基づき、ケーススタディ・シミュレーションを行い、現況の再現性を把握するとともに、対策ケースに対する対策効果評価（点・面）を実施した。

5. 「評価ツール」関連ドキュメント類の整備

平成 23 年度に作成した「評価ツール活用ガイド」（案）について、本調査研究にご協力いただいた地方公共団体（千葉県及び松戸市）関係者らの意見収集のための調査を実施し、その結果を取り入れて「評価ツール活用ガイド」をとりまとめた。

本調査研究にご協力いただいた千葉県環境研究センターに評価ツールを試用していただき、インターフェイスや手順書類の使い勝手について意見をいただき、不具合などの修正を行った。また、平成 20～22 年度調査研究で作成した「自動車発生源作成手順書」、「CFD ソフトウェア定義書」及び「CFD システム運用手順書」についても意見収集のための調査を実施し、その結果を取り入れてドキュメント類をアップデートした。

6. 検討会の開催

以上の 1.～5.の検討を行うため、関連分野の専門家 5 名から構成される検討委員会を開催した。同検討会で、調査研究計画全体の方向性や実施内容の詳細に対する意見・要望等を伺い、調査内容の見直しに活かした。

【調査の結果】

1. DiMCFD 運用手法の検討

1.1 DiMCFD に係る検討課題

平成 23 年度までの調査研究において、DiMCFD¹⁾の検討課題として、「濃度の 1 時間値を算出するための DiMCFD の運用手法の構築」が挙げられていた。

平成 23 年度の調査研究では、こうした研究の端緒とすべく、DiMCFD の運用手法を提案する予定であったが、そこまではいたらず、今年度実施した実測調査（2 章参照）と比較しながら検討を進めていくこととしていた。

1.2 DiMCFD の運用手法について

本調査研究では、一般局の風向・風速を基に、評価領域（特に自排局周辺）の濃度の 1 時間値を算出することを目的としている。よって、一般局の風向・風速の 1 時間値（正時 10 分前の平均値）もしくは 10 分値を使用することが前提である。

平成 23 年度の調査研究では、一般局の風速の 1 時間値（正時 10 分前の平均値）を判断基準として、DiMCFD の運用手法を構築する予定であった。しかし、今年度（平成 24 年度）の調査研究で、10 分値を入手・取得し解析したところ、それだけでは不十分であることがわかった。すなわち、「一般局の風速の 1 時間値が 2m/s 以上だからといって、必ずしも前 1 時間継続して一般風が強いわけではない」ということ等がわかってきた。

よって、実際の現象を可能な限り再現するためには、一般局の風向・風速について、10 分値を入手することが、最も理想的であると考ええる。ただし、現況を過去の年次にする場合等、必ずしも 10 分値が入手できるわけではない。そこで、それに代替する手法を考案しておく必要がある。こうした状況を鑑み、以下のような DiMCFD の運用手法を考案した。

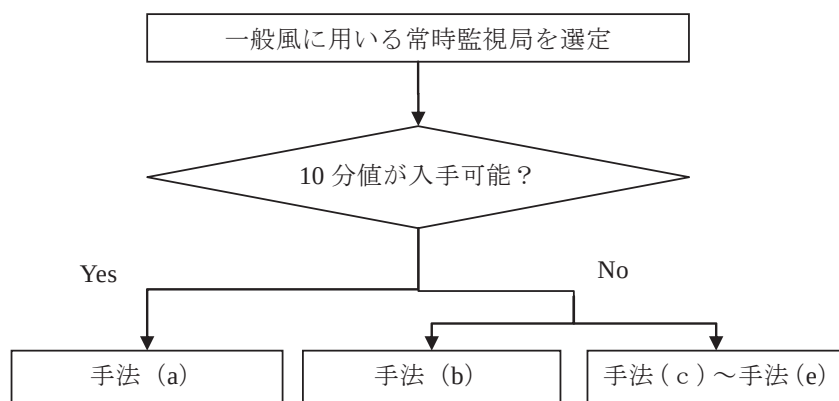


図 1 DiMCFD の運用手法のフロー

¹⁾ 本調査研究における DiMCFD は、気流計算に標準 $k-\epsilon$ モデルを、拡散計算に Euler 型拡散モデルを用いている。なお、DiMCFD については、以下に詳しい。

大気環境学会 関東支部 予測計画評価部会「CFD モデル環境アセスメント適用性研究会（以下、「CFD 研究会」という）」、「CFD モデルによる大気環境アセスメントガイドライン作成に向けた試算と考察 報告書」、2012 年 3 月

”測定局”（本章では、図 1 の「一般風に用いる常時監視局を選定」において選定した常時監視局を”測定局”と表記する）の風向・風速の 10 分値が入手できた場合は（a）を、そうでない場合は（b）～（e）に示す手法のいずれかを選定して、シミュレーションを行う。ただし、いずれの手法においても、”測定局”の風速が 2m/s 未満の場合は、2m/s として与える。

○理想的な手法

・手法（a）；「”測定局”の風向・風速の 10 分値を 6 個用いて気流場を計算し、それぞれについて算出した濃度の結果を算術平均する」ことにより、濃度の 1 時間値を算出する手法である。

○従来行っていた手法

・手法（b）；従来行っていた手法で、「”測定局”の風向・風速の 1 時間値を用いて気流場を計算し、濃度をもとめる」ことにより、濃度の 1 時間値を算出する手法である。

○手法（a）の代替手法

・手法（c）；「”測定局”の近隣に存在する一般局（場の類似性・代表性が確認された局）の風向・風速の 1 時間値を用いて気流場を計算し、それぞれについて算出した濃度の結果を算術平均する」ことにより、濃度の 1 時間値を算出する手法である。

・手法（d）；「”測定局”の風向の 1 時間値に隣接する両側 3 風向（例）を用いて気流場を計算し、それぞれについて算出した濃度の結果を加重平均する」ことにより、濃度の 1 時間値を算出する手法である。

・手法（e）；「気象庁等のデータ（”測定局”の近隣にある測定局の風向・風速の 10 分値）を活用し 1 時間の風向変化を類推した上で流入側に与え、気流場を計算し、それぞれについて算出した濃度の結果を算術平均する」ことにより、濃度の 1 時間値を算出する手法である。

以上の手法については、4.2 節で妥当性等について検討を行った。

2. 対象地点における現地実測調査等

2.1 実測調査の概要

本調査研究では、評価ツールの精度検証ならびに DiMCFD 及び自動車発生源モデルの技術検討を行うことを目的に、実測調査を実施した。精度検証ならびに技術検討は NOx を対象にするため、松戸上本郷局で NOx が高濃度となる 7 月に実施することとし、2012 年 7 月 24 日（火）～2012 年 7 月 26 日（木）の日程で、以下の実測調査を行った。なお、松戸市等のご協力により、松戸市内の常時監視局（計 4 局）等の詳細なデータの提供を受けている。

【交通量等調査（交差点交通量、渋滞長・滞留長、ビデオ撮影）】

株式会社アーバントラフィックエンジニアリングにより、2012 年 7 月 24 日（火）に実施した。

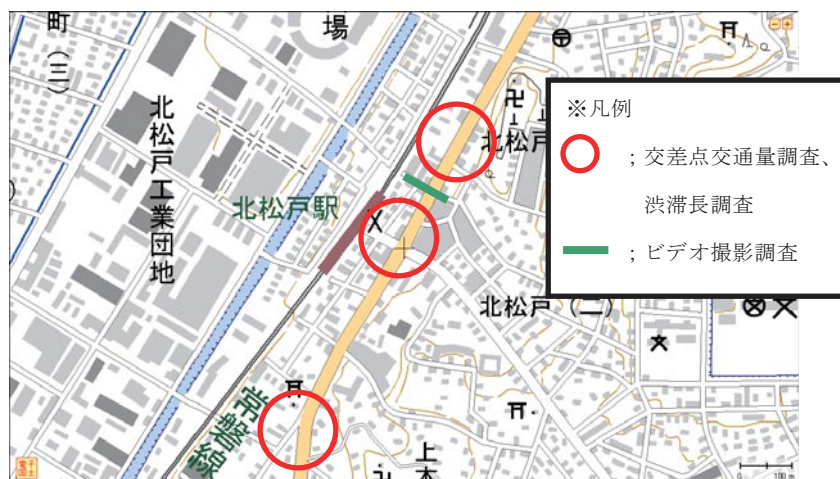


図2 交通量等調査概況

【実路走行調査（車載型自動車排出ガス測定器を用いた実路走行）】

株式会社数理計画により、2012年7月24日（火）～26日（木）に実施した。



図3 実路走行調査の走行ルート

【環境調査（WDWS、NOx）】

グリーンブルー株式会社により、2012年7月24日（火）～26日（木）に実施した。

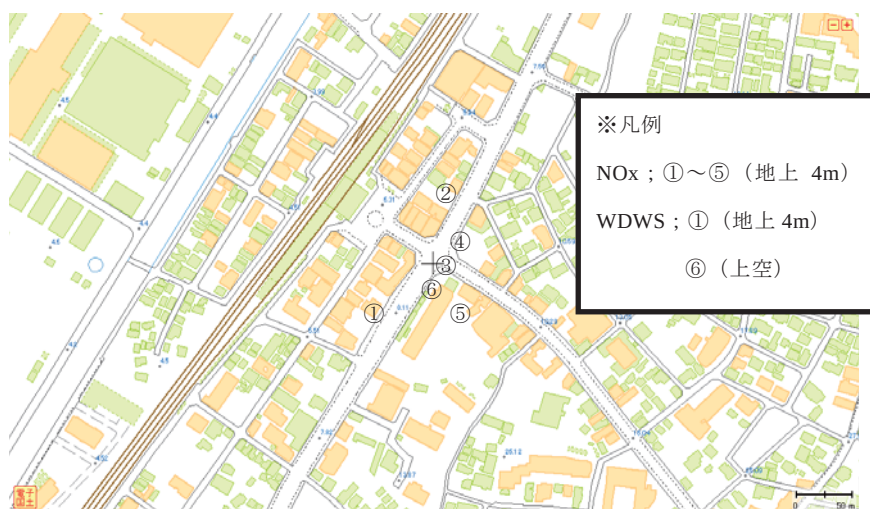


図4 環境調査概況

2.2 自動車発生源調査の測定結果

(1) 交通量等調査の結果

・交差点交通量

交差点交通量調査は、松戸上本郷自排局周辺の3交差点において、交差点を通過する車両を時間帯別、方向別、車種別に数取り機を用いて計測する形で実施された。集計は1時間単位で実施された。例として、松戸上本郷自排局近くの北松戸駅前交差点の調査結果について示す。

国道6号線を直進走行する車両が多く、朝に車が急増する傾向がみられた。普通貨物車については、朝や昼に多くなる時間帯がみられた。尚、これらの傾向は、北松戸駅前交差点以外の2交差点（北松戸三丁目交差点、上本郷交差点）においても同様であった。

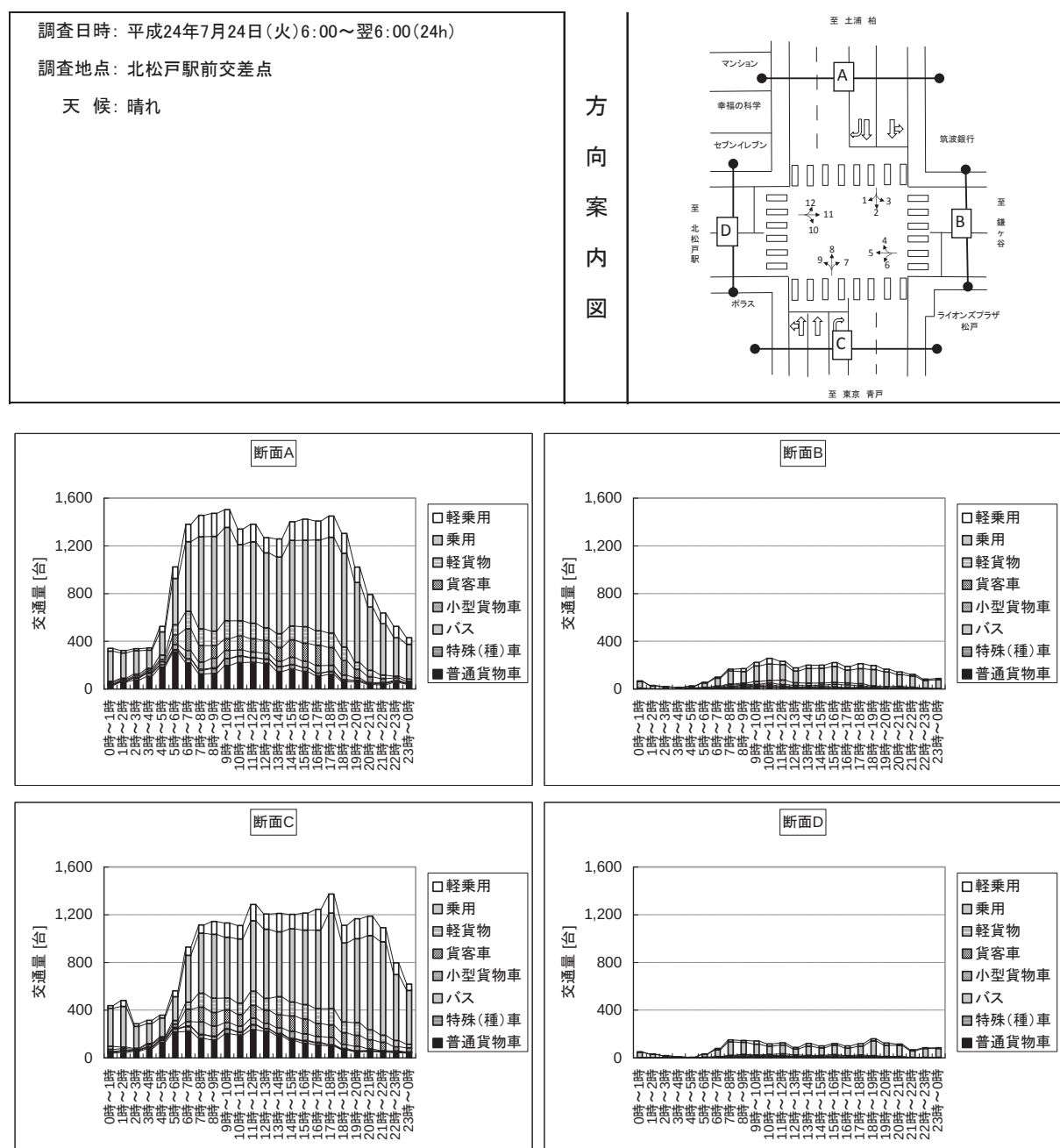


図5 交通量調査結果（北松戸駅前交差点）

・渋滞長・滞留長

渋滞長・滞留長調査は、交通量調査を行った3つの交差点について、方向別に、渋滞長・滞留長の最後尾を距離の目盛りを記した図面を基に、10m単位で計測を行う形で実施された。渋滞発生時にはその原因も記録した。調査時間間隔は1時間に1回で24時間分の観測が行われた。その結果、3交差点ともほとんど渋滞は見られず、また、滞留長の時間帯変動も少なかった。

・ビデオ撮影（ナンバープレート調査）

調査対象の道路断面を通過する車両の前面のナンバープレートを、ビデオカメラを用いて記録し、ナンバープレートが正常に読み取りできたものを記録した。記録結果について示す。

表1 ナンバープレートの読み取り結果

時間帯	ナンバープレート読み取り台数			交通量調査結果			ナンバー捕捉状況		
	上り方向	下り方向	上り下り合計	上り方向	下り方向	上り下り合計	上り方向	下り方向	上り下り合計
	(土浦・柏→東京)	(東京→土浦・柏)		北松戸三丁目交差点のC断面流出方向	北松戸駅前交差点のA断面流出方向				
6:00～7:00	1,379	921	2,300	1,395	929	2,324	98.9%	99.1%	99.0%
7:00～8:00	1,435	1,096	2,531	1,436	1,099	2,535	99.9%	99.7%	99.8%
8:00～9:00	1,419	1,134	2,553	1,501	1,137	2,638	94.5%	99.7%	96.8%
11:00～12:00	1,401	1,227	2,628	1,418	1,283	2,701	98.8%	95.6%	97.3%
14:00～15:00	1,335	1,155	2,490	1,380	1,174	2,554	96.7%	98.4%	97.5%
17:00～18:00	1,405	1,273	2,678	1,414	1,329	2,743	99.4%	95.8%	97.6%
合計	8,374	6,806	15,180	8,544	6,951	15,495	98.0%	97.9%	98.0%

(2) 実路走行調査

実路走行調査は、指定の走行ルートを各調査時間帯中に連続走行する形で実施された。試験車両の特徴やデータ取得項目、走行状況について示す。大きな渋滞などはなく、3日間とも同様の交通状況であった。

表2 試験車両およびデータ取得項目

自動車検査証記載項目	内容	計測機器	計測内容	単位	データ取得間隔
車種	普通貨物車	データロガー(KSR-600)	速度	(km/h)	0.5秒
型式	KL		加速度	(km/h/sec)	0.5秒
排ガス規制年	平成11年	NOx計(MEXA-720NOx)	NOx濃度	(ppm)	0.5秒
排ガス規制区分	長期規制		酸素濃度	(%)	0.5秒
初度登録年	2003年	カルマン流量計	吸入空気量	(L/min)	0.5秒
車両総重量	24,960kg	GPSセンサー	緯度経度	(deg)	1.0秒
最大積載量	13,700kg				

表3 走行状況

日付	曜日	時間帯	走行時間	合計	周回数	合計	累積走行距離	合計
7月24日	(火)	7:00 ~ 9:00	2時間	5時間	5往復	12往復	54.8km	139.3km
		11:00 ~ 12:00	1時間		2往復		25.3km	
		14:00 ~ 15:00	1時間		3往復		36.1km	
		17:00 ~ 18:00	1時間		2往復		23.1km	
7月25日	(水)	7:00 ~ 9:00	2時間	5時間	5往復	12往復	56.6km	141.1km
		11:00 ~ 12:00	1時間		2往復		25.3km	
		14:00 ~ 15:00	1時間		3往復		36.1km	
		17:00 ~ 18:00	1時間		2往復		23.1km	
7月26日	(木)	7:00 ~ 9:00	2時間	5時間	5往復	12往復	56.2km	140.8km
		11:00 ~ 12:00	1時間		2往復		25.3km	
		14:00 ~ 15:00	1時間		3往復		36.1km	
		17:00 ~ 18:00	1時間		2往復		23.2km	
合計			15時間		36往復		421.2km	

2.3 環境調査の測定結果

流入側に設定する松戸根本局（地上 45m）の風向・風速について、松戸上本郷局周辺の一般風として代表性があるか確認するため、実測期間に取得した地点⑥（松戸上本郷局背後の 14 階建てマンションの屋上、地上 50m 前後）の風向・風速のデータと比較した。なお、松戸根本局は、松戸上本郷局周辺から 2km 弱離れている。

風速はほぼ同じレベル、風向はおおむね 1 風向程度の差であり、松戸根本局の風向・風速は、松戸上本郷局周辺の一般風として代表性を有すると判断した。結果の一例を示す。

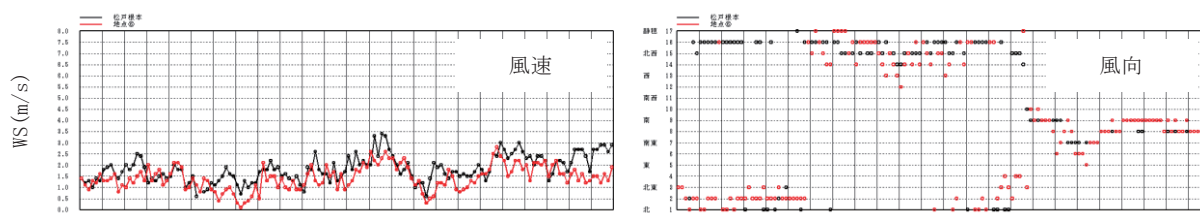


図 6 松戸根本局と地点⑥の風向・風速の比較－2012 年 7 月 24 日（火）

続いて、松戸上本郷局周辺の NO_x の測定地点間の差異を確認するため、松戸根本局の風向別（ここにいう風向は 1 時間値）の NO_x を解析した。結果の一例を示す。日もしくは時刻によって例外はあるものの、おおむね以下の傾向であった。

- 松戸根本局の風向が南より（南東、南南東、南、南南西）の場合、松戸上本郷局＞地点② & 地点③＞地点① & 地点④という傾向である。
- 松戸根本局の風向が北より（北西、北北西、北）の場合、地点②＞地点①＞地点③≒地点④＞松戸上本郷局という傾向である。
- 地点⑤と松戸根本局の濃度は、ほぼ同等である。

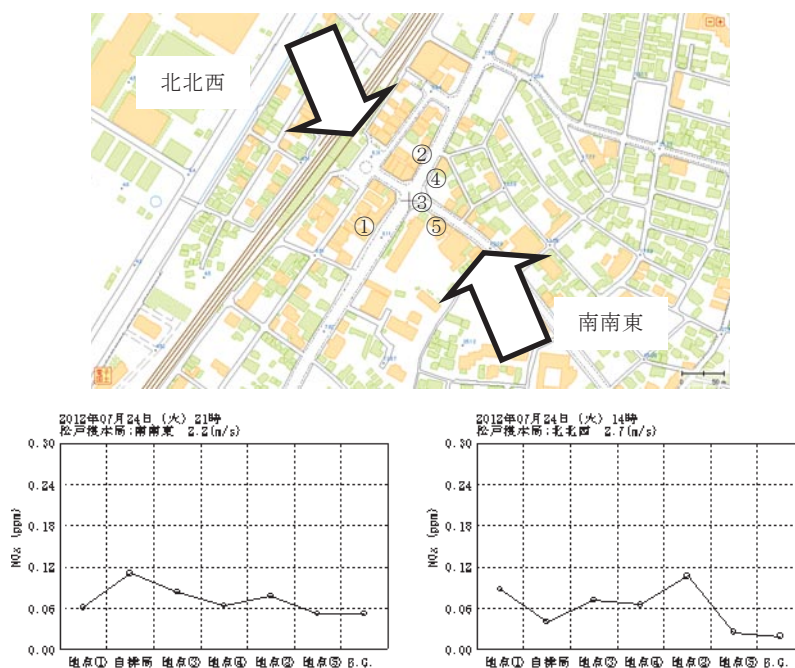


図 7 NO_x の測定地点間の差異－2012 年 7 月 24 日（火）

3. 自動車発生源データの作成

DiMCFD を用いたシミュレーションのために、自動車発生源データ（時間値データ）を作成した。以下で述べる手法にしがって作成した自動車発生源は、DiMCFD を用いてシミュレーションする際、地表面第1層に割り当てた後、初期拡散の影響を考慮するため、鉛直方向に 3.8m（大型車に相当する高さ）まで均等に分配した。

3.1 実測期間を対象とした自動車発生源データ

自動車発生源は、現地観測データと交通流シミュレーションの結果を用いて作成した。作成フローを以下に示す。また、自動車発生源の作成領域は、シミュレーション対象領域である、松戸上本郷自排局付近の水平方向 400m 四方の領域とした。

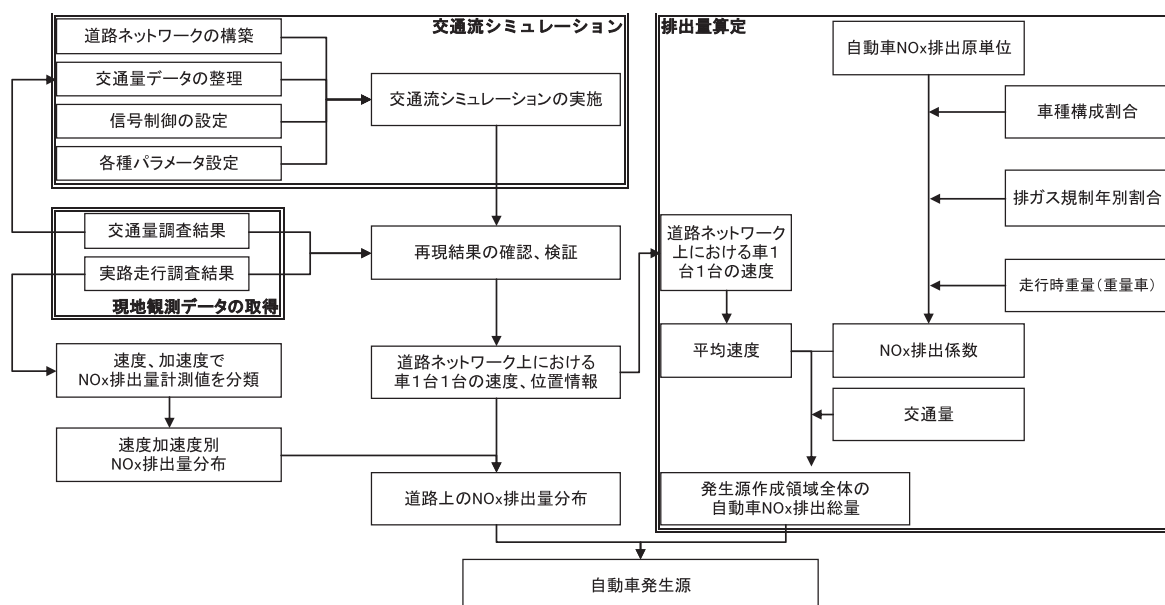


図8 自動車発生源作成フロー

・交通流シミュレーション

自動車発生源のインプットデータ作成のため、交通流シミュレーションを実施した。交通流シミュレーションソフトは、再現性や使用実績などを考慮して、AIMSUN6(エイムサン 6) を使用した。

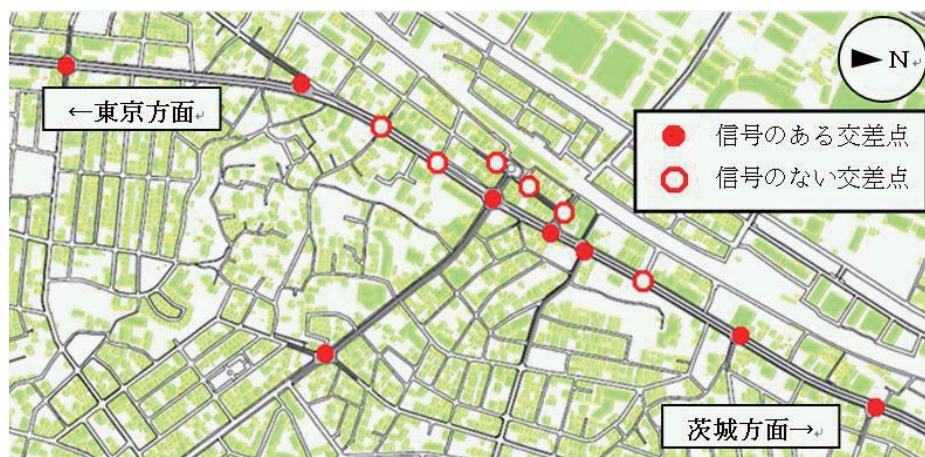


図9 交通流シミュレーションで構築した道路ネットワーク

構築した道路ネットワークは、対象地域よりもやや広めにとり、ノード数（交差点数）14、リンク数（区間数）28 とした。

交通流シミュレーションの実行にあたっては、現地での観測結果（交通量調査の結果や実路走行調査の計測データ）を用いて再現性のチェックを行った。例として、交通量と平均速度の結果を示す。交通流シミュレーションの結果は、高い再現性を示している。

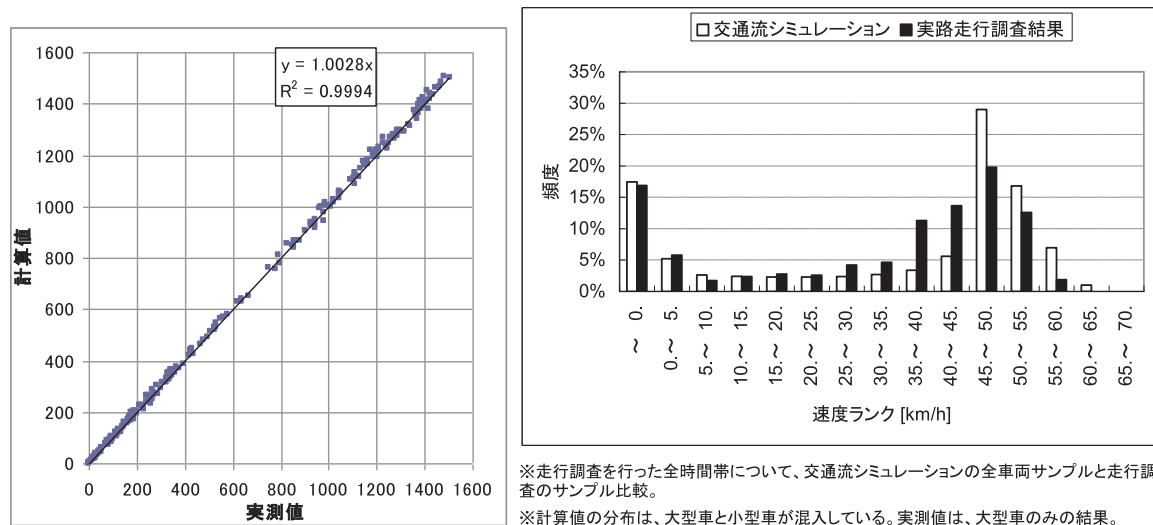


図 10 交通量や平均速度の比較結果

・自動車発生源作成領域全体の NOx 排出総量の算定

交通流シミュレーションの結果や自動車排出ガス原単位（環境省）を用いて、NOx 排出総量を算定した。算定にあたっては、まず最初に、ナンバープレート調査の結果と、別途、自検協（一般財団法人自動車検査登録情報協会）より取得した車検証情報から車両属性を求めて、車種別燃料別排ガス規制区分別の構成割合や重量車の走行時重量を求め、NOx 排出係数を作成した。ここで、重量車の走行時重量の設定は、全て半積載と仮定した。その後、現地観測で得た時間帯別車種別交通量と交通流シミュレーションの結果から算定した平均速度（自動車発生源作成領域全体の時間帯別の平均速度）を原単位に入力することで、NOx 排出総量を算定した。

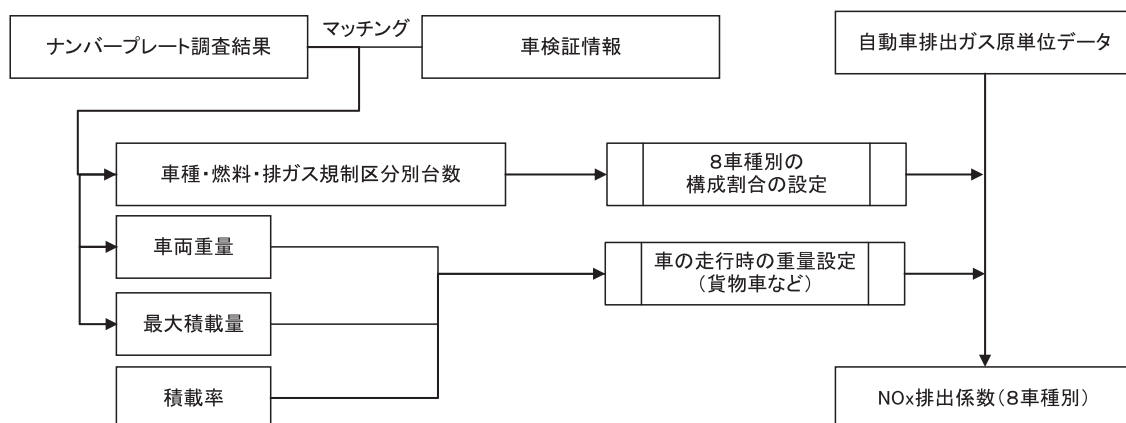


図 11 自動車 NOx 排出係数作成フロー

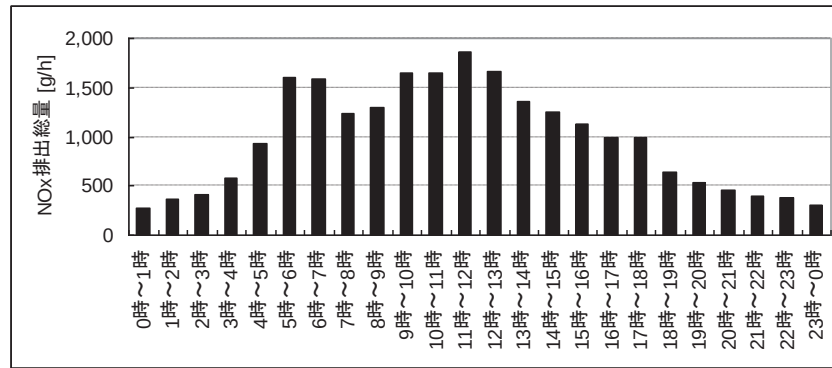


図 12 NOx 排出総量の時間変化

・自動車発生源

自動車発生源は、各時間帯ごとに、交通流シミュレーションの結果再現された車 1 台 1 台の速度加速度と、別途、実路走行調査の結果から作成した速度加速度別 NOx 排出量マップをもとにして、道路上に NOx 排出量分布を与えて作成した。分布の付与は、大気中の NOx 濃度の計算で採用されている計算格子単位で与えた。また、NOx 排出総量は、前述の自動車発生源作成領域全体の値と一致させた。

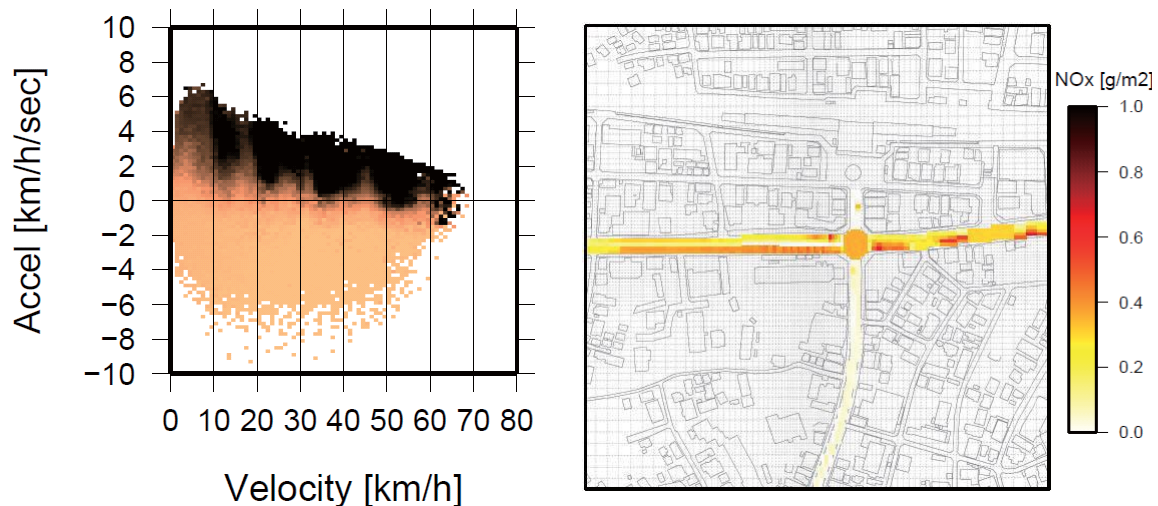


図 13 速度加速度別 NOx 排出量マップ（左）と 5 時の自動車発生源の分布（右）

3.2 交通流が変化した場合の自動車発生源データ

交通流シミュレーションでは、交通量や信号制御の変化、道路構造の変更といった内容を取り扱うことができる。このような交通流シミュレーションの特徴を生かし、また、松戸上本郷自排局周辺における交通量や NOx 排出総量の時間変化の特徴から、朝方（4:00～7:00）の NOx 排出量の低減効果を想定して、以下の 4 つについて検討を行った。

- ・ケース 1（交通量の変化）；大型車（普通貨物、バス、特種）の交通量を半分にする。
- ・ケース 2（信号制御の変化＋交差点の改良）；国道 6 号線の青時間を 10 秒延長し、交差道路に右折レーンを 20m 設置する。
- ・ケース 3（交差点の改良）；上本郷交差点の右折レーンを、現状の倍の長さの 70m とする。
- ・ケース 4（ケース 1＋ケース 2＋ケース 3）；同時実行。

例として、上記の4ケース別の平均速度やNOx排出総量の変化の結果について示す。平均速度は、一部の時間帯を除いて上昇した。また、NOx排出総量は、大型車交通量を半分としたケース1とケース4については約半減し、それ以外は現況よりも若干低下した。

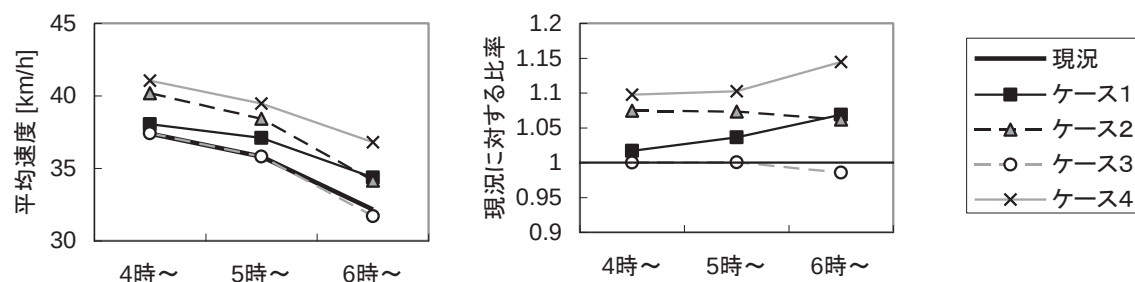


図 14 平均速度のケース別時間帯別比較

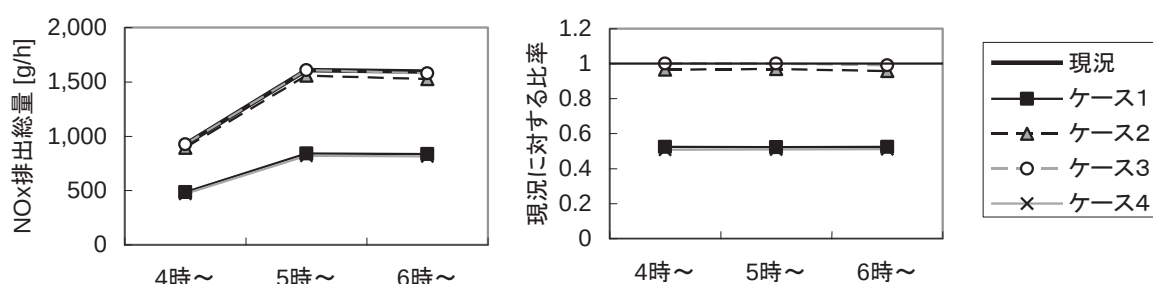


図 15 NOx 排出総量のケース別時間帯別比較

3.3 ケーススタディ・シミュレーションに用いる自動車発生源データ

ケーススタディ・シミュレーションは、協力地方公共団体の所有データを活用することを前提にしている。

そこで、現況の自動車発生源データについて、千葉県と協議し、環境省「平成23年度総量削減対策の在り方検討業務」で作成された国道6号線のデータを用いることとした。

また、対策ケースとして、「自動車排出量の低減」を取り上げており（4.4 節参照）、関係機関との協議の結果、4割程度の低減（対策/現況=57%程度）を想定した排出量を推計し、用いることとした。一例を示す。

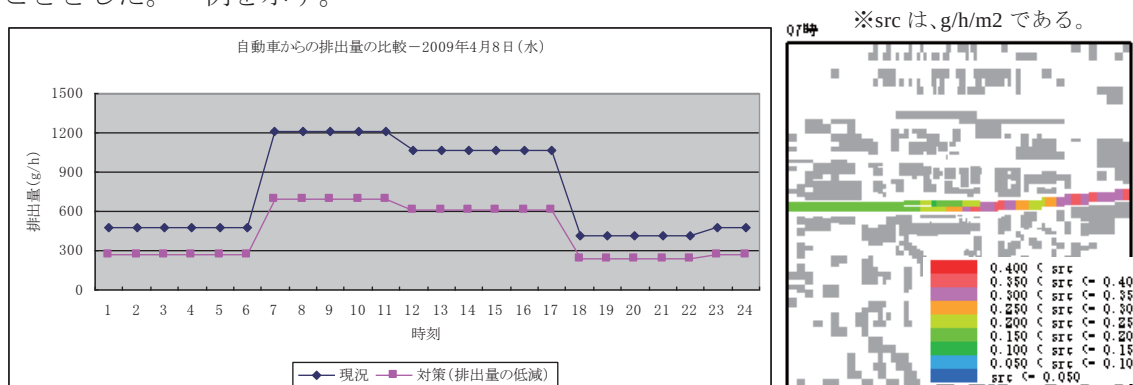


図 16 2009 年 4 月 8 日（水）の自動車からの排出量及び排出量分布の例

4. シミュレーションの実施及び結果の検討

4.1 実測期間を対象としたシミュレーション

実測期間の3日間を対象に、NO_xのシミュレーションを行い、風向・風速及び濃度場の精度検証を行った。なお、シミュレーションに用いた自動車発生源は、3.1節で作成されたものである。

4.1.1 風向・風速の比較

測定値と計算値について、上空の地点⑥（水平・鉛直）、地上の地点①（水平・鉛直）及び松戸上本郷局（水平のみ）の風向・風速を比較した。

松戸根本局の風速が2m/s未満の場合、2m/sとして計算を行っているため、上空の地点⑥では剥離が大きいが、地上ではその影響は小さい。

水平方向の風速は、地上では計算値が測定値に比べて過小であり、calm率が高い。

4.1.2 NO_xの比較

計算値は、1.2節の（a）及び（b）の手法で実施した結果を基に、測定値と比較した。なお、計算値は、各測定地点を中心とする5m四方程度の領域にあるグリッドの値を算術平均している。結果の一例を以下に示す。

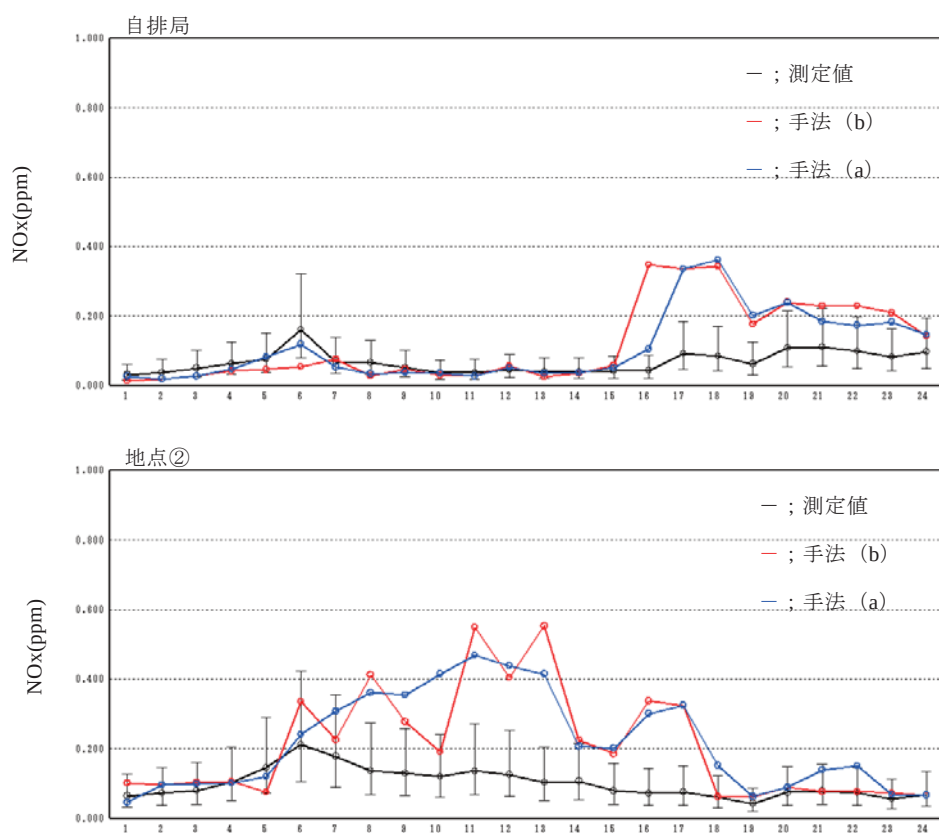


図 17 測定値と計算値の比較—2012 年 7 月 24 日（火）、自排局と地点②

2012 年 7 月 24 日（火）の 16 時、松戸上本郷局では、手法の差異が確認された。これは、当該時刻の前 1 時間に松戸根本局の風向が大きく変化したためと考えられ、手法（a）のように風

向変化を陽に再現することで、従来手法 (b) より再現性が向上した。また、地点②の結果から明らかなように、手法 (b) よりも手法 (a) のほうが、プロファイルが滑らかである。

全体的に、測定地点との比較では、計算値が測定値にくらべて過大傾向であった。これは、「地上付近の風が弱い」ことや、「モデルの特性上乱れを過小評価するため、拡散係数も過小となっている」可能性が考えられる。さらに、現状、自動車の走行風の影響は簡易的にしか導入しておらず、また、地表面の加熱等による対流混合は加味していない。よって、モデルで作成される拡散は現実のそれより過小傾向であるため、計算値が測定値にくらべて過大になったと考えられる。

4.1.3 濃度分布の確認

代表的な風向を基に、自排局高さにおける水平濃度分布を解析し、高濃度要因を探る端緒とした。なお、位置関係は図 18 の通りである。

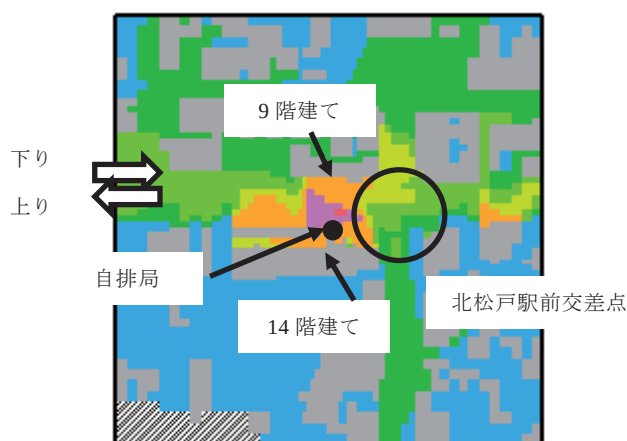


図 18 建物の位置関係

一般風の風向が南南東の場合、自排局背後の 14 階建てマンションの駐車場から国道 6 号線に通り抜ける流れと、北松戸駅前交差点からの流れが合流し、2 分している。このうち、北松戸駅前交差点に向かう流れが、松戸上本郷局付近で渦を形成しているため、その付近（滞留域、図中白丸）で濃度が増加している。

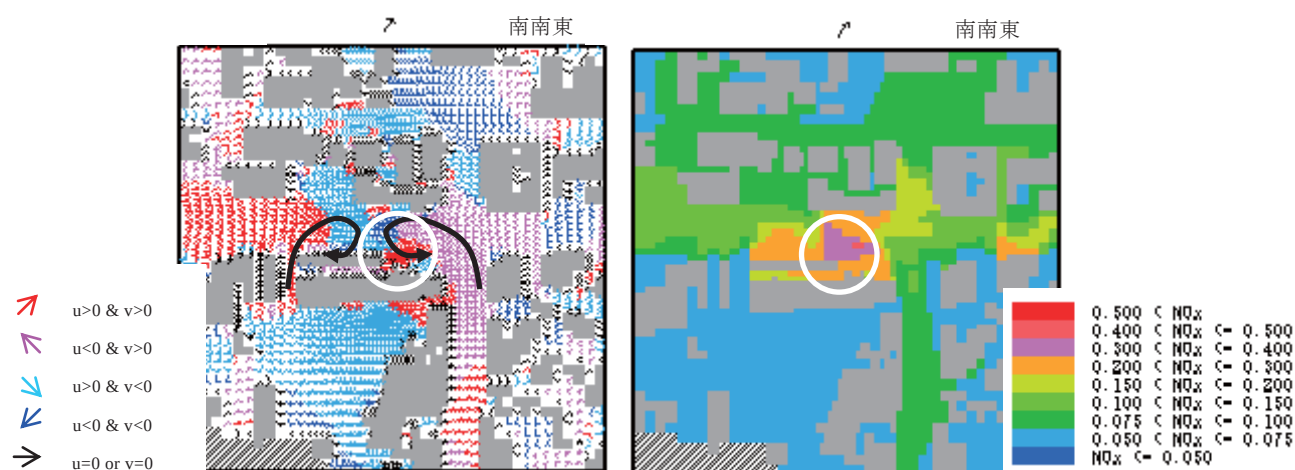


図 19 流れ場と濃度分布例—一般風の風向；南南東

一般風の風向が南の場合、北松戸駅前交差点からの流れが、自排局対面の9階建てビルに沿う流れにより、国道6号線の下り車線付近で渦を形成しているため、その付近（滞留域、図中白丸）で濃度が増加している。

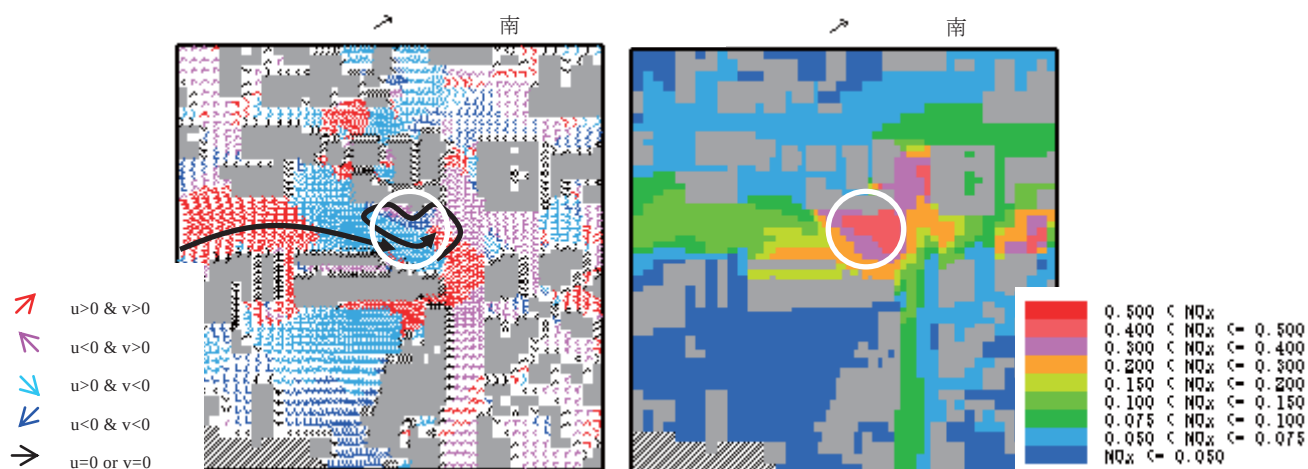


図 20 流れ場と濃度分布例—一般風の風向；南

一般風の風向が北西の場合、自排局背後の14階建てマンションと自排局対面の9階建てビルではさまれた国道6号線沿道では、相対的に下り車線側で濃度が増加している。これは、鉛直断面図（図22）の通り、双方のビル間で鉛直方向の渦が形成されているため、風上側（下り車線側）の地上で濃度が高くなると考えられる。

また、北松戸駅前交差点からの流れが、実測の地点②付近で渦を形成しているため、その付近（滞留域、図中白丸）で濃度が増加している。

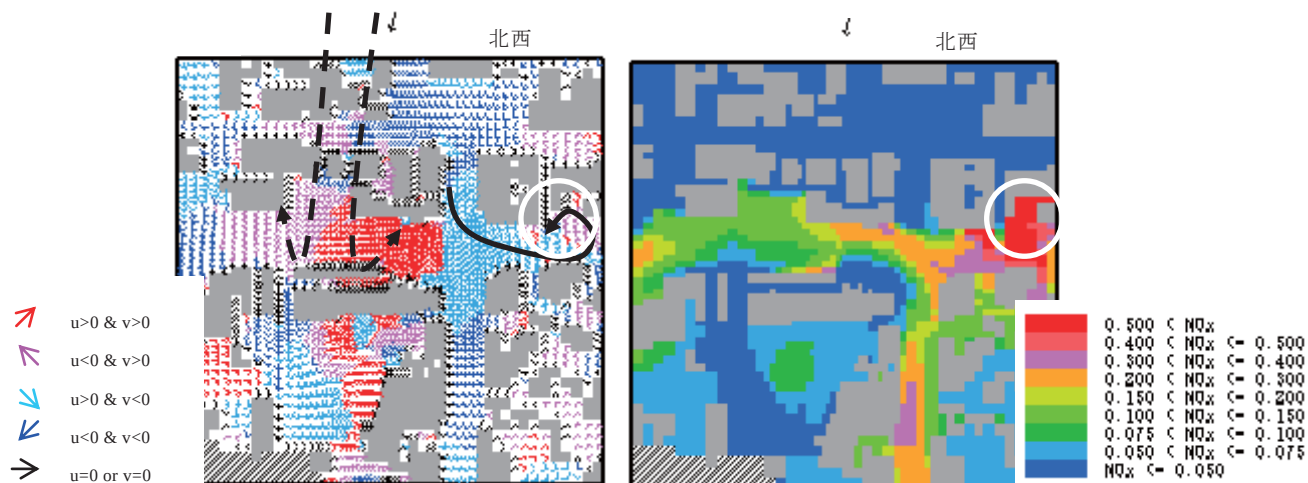


図 21 流れ場と濃度分布例—一般風の風向；北西

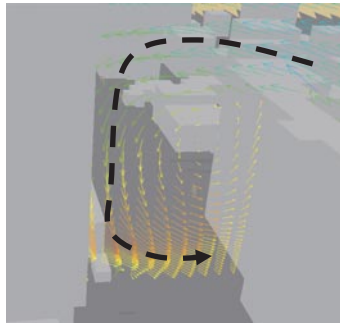


図 22 一般風の風向が北西の場合の自排局付近における鉛直断面図

一般風の風向が北北西の場合、自排局背後の 14 階建てマンションと自排局対面の 9 階建てビルではさまれた国道 6 号線沿道では、相対的に下り車線側で濃度が増加している。これは、北西の場合と同様に、双方のビル間で鉛直方向の渦が形成されているため、風上側（下り車線側）の地上で濃度が高くなると考えられる。

また、北松戸駅前交差点からの流れが、北松戸駅前交差点付近で渦を形成しているため、その付近（滞留域、図中白丸）で濃度が増加している。

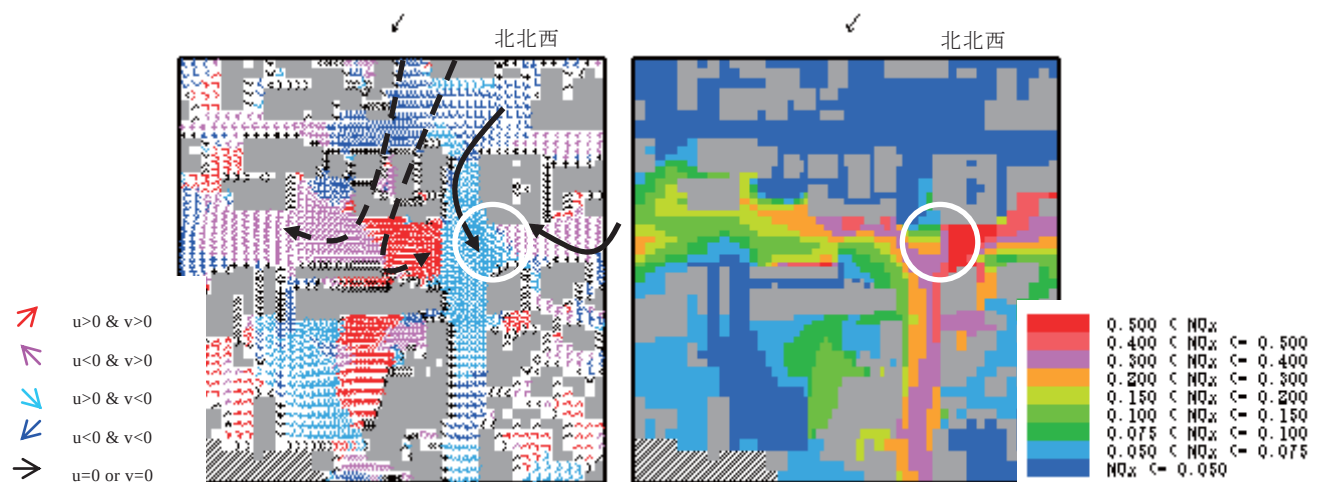


図 23 流れ場と濃度分布例—一般風の風向；北北西

このように、同じ南よりあるいは北西よりの風であっても、一般風の 1 風向のズレで、滞留域が変化し、高濃度の出現する位置が異なることが判明した。

こうした水平・鉛直方向の流れ場や濃度場を解析することで、計算上の高濃度要因を理解し、（計算上の）地域の実情を面的に把握することが可能となった。

4.2 DiMCFD に係る技術検討シミュレーション

1 章に示した DiMCFD の運用手法について、実測データと比較することで、手法の妥当性等を検討した。ここでは、手法（a）～手法（e）に従って計算を行い、松戸上本郷局及び実測で測定を行った地点①～地点⑤の 24 時間プロファイルや散布図等を描画し、結果を比較した。なお、シミュレーションに用いる自動車発生源は、3.1 節で作成されたものである。結果の一例

を示す。

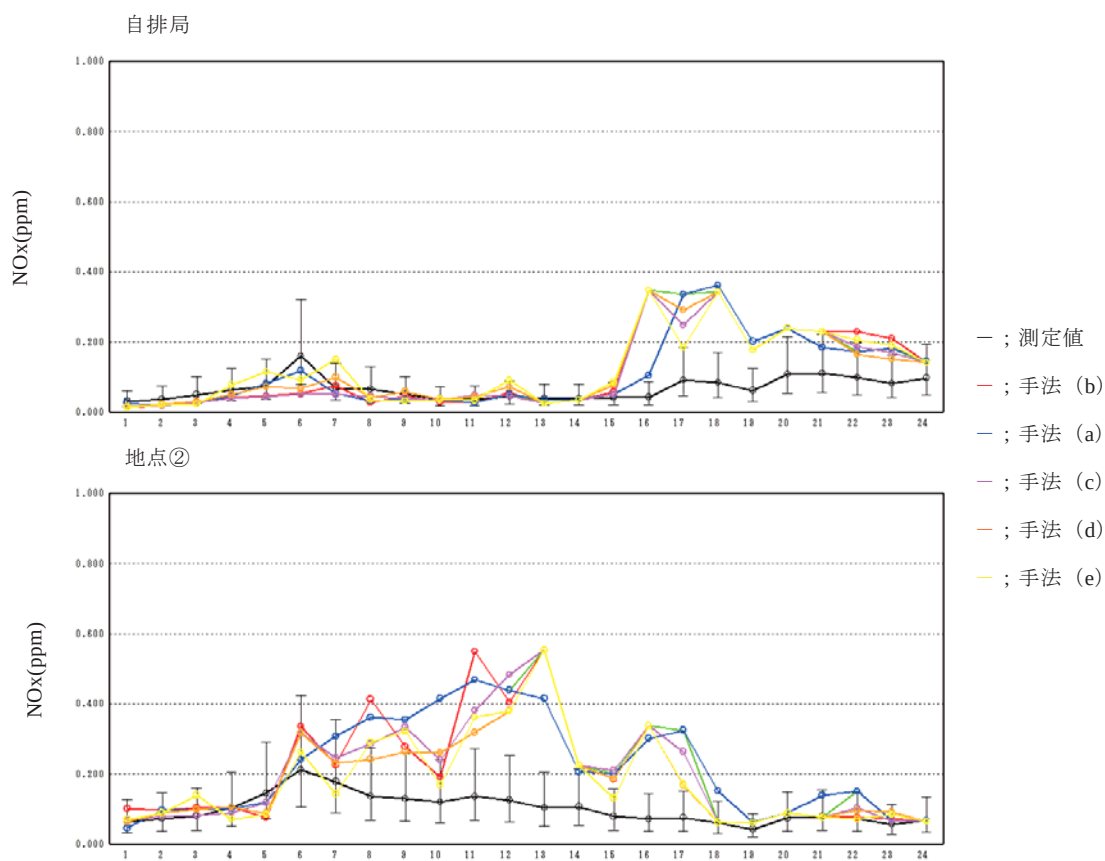


図 24 手法間の計算値の比較－2012 年 7 月 24 日（火）、自排局と地点②

時間別に見れば手法によって差異はあるが、今回実施したシミュレーションの限り（測定値と比較した散布図等）では、いずれの手法を用いても、日平均値レベルでは大差ないものとなった。しかし、手法（a）が最も滑らかで、可能な限り、手法（a）で実施するのが望ましい。

なお、図中に描画した黄緑色の線は、松戸根本局の風速の測定値（1 時間値）が 2m/s 未満の場合のみ手法（a）に従った。しかし、本手法は、正時 10 分前の状況のみに左右され、1 時間内で風向・風速が大きい場合には対応できない（例えば自排局の 16 時）。よって、10 分値が入手可能な場合は、手法（a）にしたがうことが望ましい。

4.3 自動車発生源に係る技術検討シミュレーション

3.2 節で作成した交通流に変化があったと仮定した場合の自動車発生源を用い、技術検討シミュレーションを実施した。なお、本検討では、手法（a）でシミュレーションを実施した。

本検討では、朝方（4 時～7 時の 3 時間帯）の自動車からの排出量低減を想定し、以下の 4 つの検討ケースを設けた。

○ケース 1（交通量の変化）

大型車（普通貨物、バス、特種）の交通量を半分にする。

○ケース 2（信号制御の変化＋交差点の改良）

国道 6 号線の青時間を 10 秒間延長し、さらに北松戸駅前交差点の従道路に右折レーンを 20m

設定する。

○ケース 3（交差点の改良）

上本郷交差点（北松戸駅前交差点より約 360m 東京寄り）の右折レーンを 70m（現状の倍の長さ）とする。

○ケース 4

ケース 1+ケース 2+ケース 3（同時実行）。

国道 6 号線の沿道に位置する自排局及び地点①～地点④では、ケース 2 とケース 3 は現況とほとんど変化がない。これは、NO_x 排出総量が各時刻で大きな変化がなく、交通流の変化に伴う排出量分布の変化もほとんどないことに起因すると考えられる。逆に、NO_x 排出総量が現況のおおよそ 6 割程度になっているケース 1 及びケース 4 では、それとほぼ同等の量が減少している。一方、14 階建てマンションの中庭にある地点⑤では、各ケースで大きな差異はなく、現況濃度とほぼ同一である。結果の一例を以下に示す。

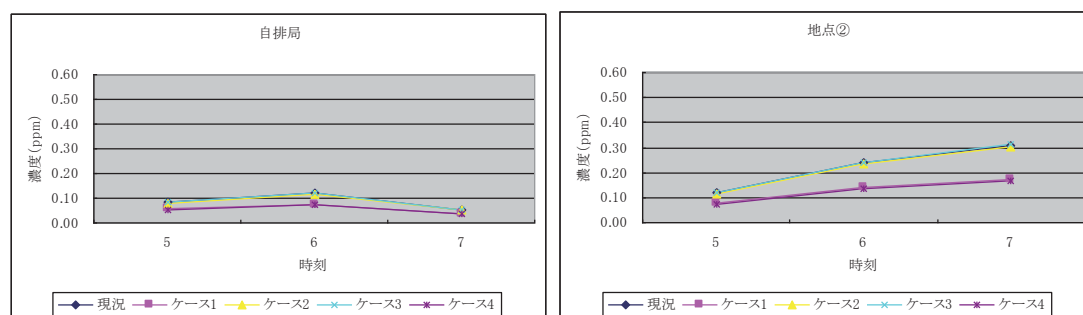


図 25 点的评价—2012 年 7 月 24 日（火）、自排局と地点②

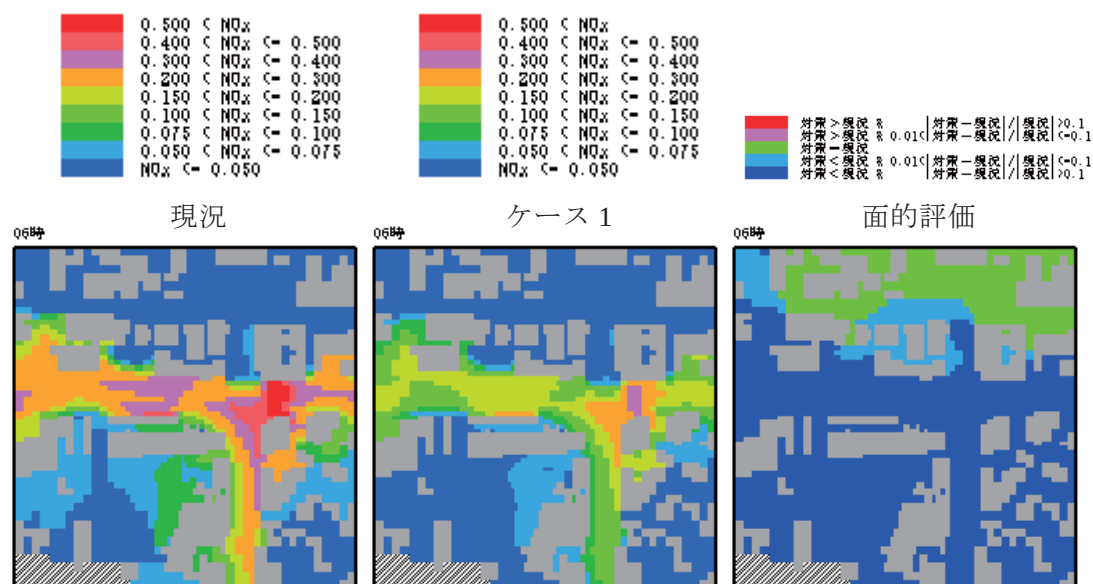


図 26 面的評価²⁾—2012 年 7 月 24 日（火）、自排局と地点②

²⁾ なお、ここで実施した面的評価は、以下に詳しい。

（独）環境再生保全機構、”局地汚染地域におけるシミュレーションモデルを用いた各種自動車排出ガス抑制対策の環境改善効果手法確立に関する研究”、（株）数理計画、平成 22 年度

4.4 ケーススタディ・シミュレーション

松戸上本郷局周辺をケーススタディ地点として、対策効果の把握や高濃度要因の更なる検討を深めることを目的に、ケーススタディ・シミュレーションを行った。

なお、本シミュレーションは、協力地方公共団体の所有データを活用することを前提に実施した。また、シミュレーションの仕様（対策等）を定めるにあたっては、協力地方公共団体との協議により定めた。

4.4.1 現況年度及び対象日

現況年度を平成 21 年度とし、対象日は以下の 2 日を選定した。

- 2009 年 4 月 8 日（水）

松戸上本郷局における典型的な NO₂ 高濃度日（日平均値が 0.06ppm を超える日）。自排局に対する対策効果や高濃度要因の更なる検討を行うことが目的。なお、選定にあたっては、平成 20～22 年度の松戸上本郷局における NO₂ 高濃度日の解析を行い、典型的な特徴を把握した。

- 2009 年 12 月 9 日（水）

松戸上本郷局の NO₂ 高濃度日以外から選定。特に、一般風が北西もしくは北北西が卓越する日を選定する。自排局以外に対する影響を確認することが目的。

4.4.2 シミュレーションケース

協力地方公共団体である千葉県・松戸市と協議を行い、対策ケースとして、以下のケースを設けた。

- ケース 1；遮音壁の設置
- ケース 2；B.G. NO_x (NO, NO₂)の削減
- ケース 3；自動車排出量の低減

4.4.3 現況シミュレーション

まず、2009 年 4 月 8 日（水）の現況シミュレーション結果を以下に示す。11 時を除けば全体的に過小傾向である。11 時は、前 1 時間に松戸根本局の風向が反転しており、風速も小さい。こうした状況下では、風向・風速の 1 時間値を用いてシミュレーションを行う手法（b）の考え方や準定常の考え方が適切でない可能性が示唆された。当該時刻の結果の取り扱いには注意するとともに、当該事項は今後の検討課題としたい。

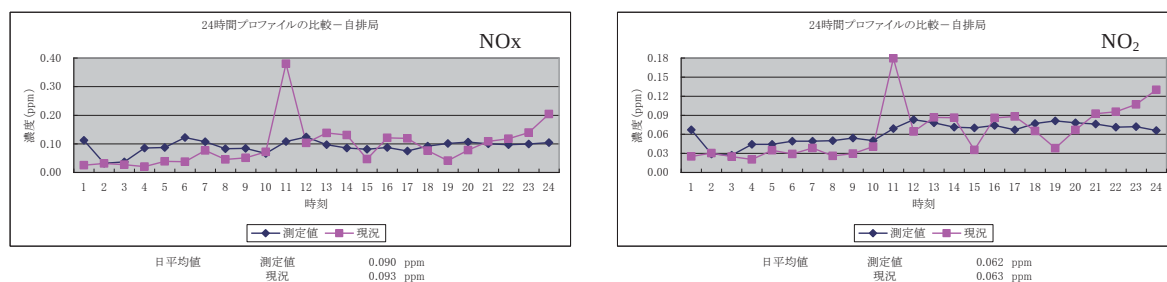


図 27 2009 年 4 月 8 日（水）の 24 時間プロファイルー左；NO_x、右；NO₂

続いて、2009 年 12 月 9 日（水）の現況シミュレーション結果を以下に示す。計算値と測定値はほぼ一致している。これは、一般風が北西及び北北西であったため、松戸上本郷局に対しては、国道 6 号線の自動車の影響が小さいためと考えられる。

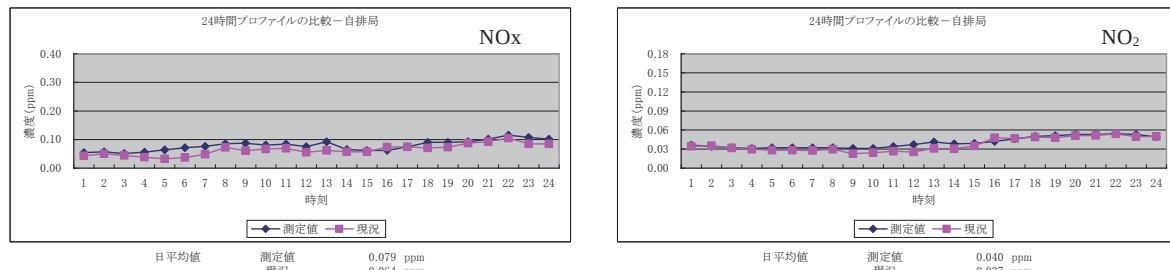


図 28 2009 年 12 月 9 日（水）の 24 時間プロフィール－左；NO_x、右；NO₂

4.4.4 対策シミュレーション

4.4.2 項で提示した 3 つの対策ケースをシミュレーションし、現況との比較・評価を行った。ここでは、現況とケース 1 について、NO₂ の結果の一例を示す。

まず、松戸上本郷局に対する影響（点的評価）を確認するため、対策前後の NO₂ の 24 時間プロフィールを示す。

2009 年 4 月 8 日（水）は、一般風が南及び南南西の場合、10%前後の濃度が減少しているが、南南東等の東成分を有する場合、逆に濃度が数%増加した。そのため、日平均値では、数%の減少にとどまる。

一方、2009 年 12 月 9 日（水）は、上述の通り、一般風が北西及び北北西であったため、松戸上本郷局に対しては、国道 6 号線の自動車の影響が小さい。よって、遮音壁の有無で濃度がほとんど変化していない。

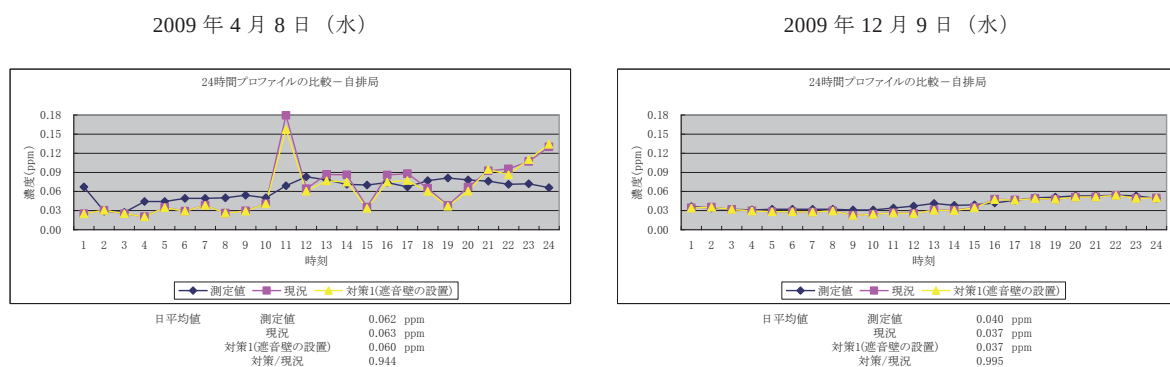


図 29 現況とケース 1 の比較－NO₂ の点的評価

続いて、松戸上本郷局以外に対する影響を把握するため、対策前後の NO₂ の地上 1.5m 相当の対策前後の NO₂ 日平均値を算出し、面的評価³⁾を実施した。

³⁾ なお、ここで実施した面的評価は、以下に詳しい。

（独）環境再生保全機構、”局地汚染地域におけるシミュレーションモデルを用いた各種自動車排出ガス抑制対策の環境改善効果手法確立に関する研究”、（株）数理計画、平成 22 年度

2009 年 4 月 8 日（水）では、国道 6 号線の沿道において、上り車線側（自排局側）で濃度が減少し、下り車線側で濃度が増加する傾向である。ただし、上り車線側でも濃度が増加している箇所がある（図の左端付近の黒の実線及び破線の○）。実線の○については北よりの場合に増加しているため、破線の○については主に南及び南南東の場合に増加しているためと考えられる。

2009 年 12 月 9 日（水）では、国道 6 号線の沿道において、濃度の増減が見られる箇所は限られており、ほとんどが道路内で変化している。

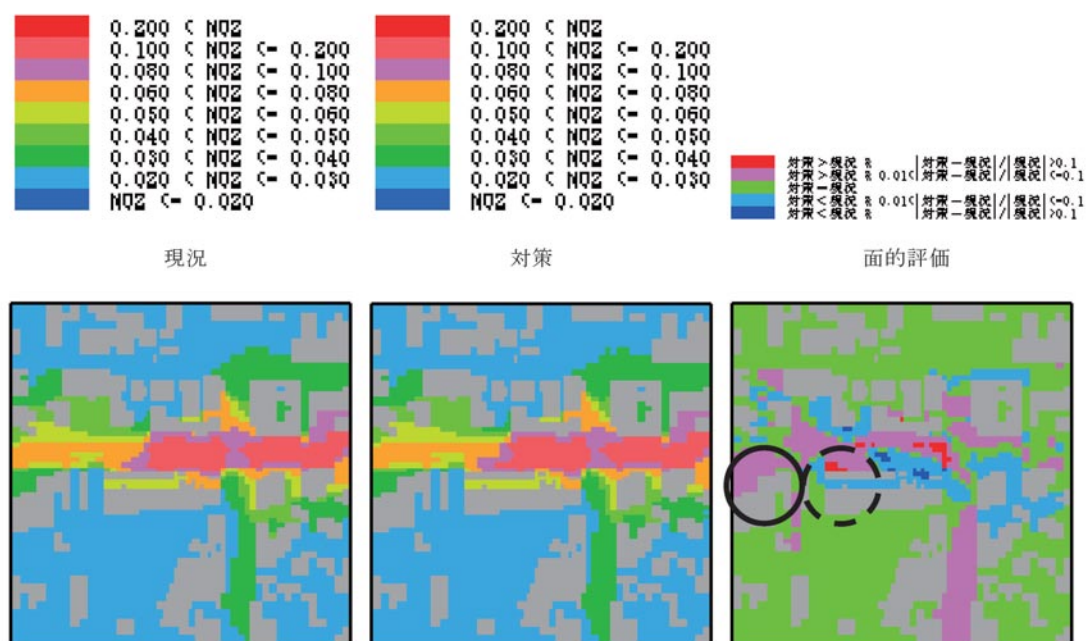


図 30 2009 年 4 月 8 日（水）の現況とケース 1 の比較－NO₂ の面的評価

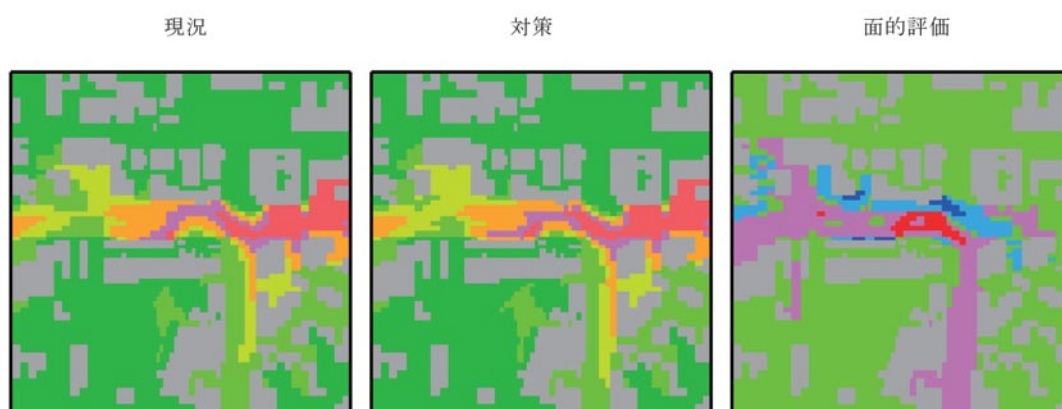


図 31 2009 年 12 月 9 日（水）の現況とケース 1 の比較－NO₂ の面的評価

5. 「評価ツール」関連ドキュメント類の整備

平成 20～22 年度の調査研究においては、DiMCFD を用いた三次元数値シミュレーション・ツール・ソフトウェア（以下「評価ツール」）と関連ドキュメント類（「ソフトウェア定義書」「システム運用手順書」及び「自動車発生源作成手順書」、以下これらをまとめて「ドキュメント類」という）を整備した。また、本調査研究では、地方公共団体等の環境行政のご担当者

評価ツール活用の指針を解説するガイダンス資料「評価ツール活用ガイド（仮題）」（以下「ガイド案」という）を平成 23 年度に作成して検討会に諮っていた。

以上の経緯を受け、今年度は、評価ツールに対する意見収集や不具合の修正を図るため、千葉県環境研究センターにツールの試用をお願いした。この試用においては、当初はソフトの不具合が何件か報告されたため、随時ソフトの修正・更新を行った。

ガイド案については、千葉県及び松戸市に試読していただき、資料に対する意見収集調査（アンケート）に協力いただいた。また、ドキュメント類についても併せて試読依頼と意見収集調査を行い、評価ツールを試用した感想も収集した。

その結果、ガイド案、ドキュメント類とも、全体的にはおおむねわかりやすいという評価をいただいた。また、掲載した表の体裁や、追記してほしい事項などについての要望が寄せられた。評価ツールについては、多数のパラメータをインプットする際に I/F が使いにくいという指摘や、三次元可視化機能も組み込まれることが望ましいという意見が寄せられた。本調査研究の枠組みの中には、ソフトウェアの大きな機能拡張は含まれていなかったため、それらは課題として残された。寄せられた意見などを適宜反映させ、ガイド案を「評価ツール活用ガイド」として完成させた。また、ドキュメント類についても、必要な更新を行った。

【まとめ】

本調査研究の主な成果を以下に示す。

- ・ 新規対象地点である千葉県松戸市・松戸上本郷局周辺で実測調査を実施し、詳細な、自動車発生源作成に係るデータと環境（気流・NOx 濃度）データを同時に取得した。
- ・ 松戸上本郷局周辺で実施した実測調査期間を対象としたシミュレーションを行い、評価ツールの実用性・有効性及び一般性の検証について検討を行った。同時に、測定値と計算値を比較することで、DiMCFD を運用する上での注意事項を明らかにした。
- ・ 濃度の 1 時間値算出に関する DiMCFD の運用手法を検討し、いくつかの手法を提案した。また、実測で取得したデータを活用し、提案した手法の妥当性等を検討した。
- ・ 松戸上本郷局周辺において、平成 23 年度調査研究で検討した実路走行調査と交通流シミュレーションを用いる手法で自動車発生源を作成し、現況シミュレーションに使用して手法の妥当性を検討するとともに、注意すべき点や課題を明らかにした。また、技術検討シミュレーションを通して、この手法で、交通量の削減や信号制御の変更など交通流の変化を伴う対策に対しても、適切な自動車発生源を作成できることを確認した。
- ・ 松戸上本郷局周辺を対象に、地方公共団体の所有するデータ（環境データ、自動車発生源データ）を用いて、ケーススタディ・シミュレーションを実施し、現況の再現性を把握した。また、関係地方公共団体との協議により定めた対策ケース（遮音壁の設置、バックグ

ラウンド濃度の削減、自動車排出量の低減)に対する対策効果評価(点・面)を実施した。

- ・ 千葉県環境研究センターに「評価ツール」を試用していただき、指摘された不具合を修正した。また、ツール関連の手順書類(関連ドキュメント類)や、平成23年度に作成した「評価ツール活用ガイド」の案に対する関係地方公共団体の意見を収集し、その結果を活かしてドキュメント類を更新し、活用ガイドを完成させた。
- ・ 専門家5名から構成される検討委員会を開催し、調査研究の内容や解析方法に対する意見・要望を伺いながら検討を進め、結果をとりまとめた。

【課題】

二年度間の調査研究の結果、残された主な検討課題は、以下に示すとおりである。

1. 自動車発生源作成手法について

本調査研究では、渋滞対策などにも対応できるよう交通流シミュレーションと実路走行調査の結果を用いる自動車発生源作成手法を検討した。今後の課題としては、以下のようなものがある。

・ 実路走行調査の実施について

本調査研究では、実路走行調査を単一の大型貨物車を対象として実施した。しかし、車両によってNO_x排出量分布の差異があると考えられるため、できるだけ多数の車両について、NO_x排出量分布を把握することが望ましいと言える。より多数の車両の速度・加減速度別NO_x排出量分布を用いれば、より正確な路上のNO_x排出量分布を得られると期待できるが、どの程度の数の車両のデータが必要か、あるいはどの程度で十分かという問題は、今後も引き続き検討・解明すべき課題である。

・ NO_x 排出総量の算定について

本調査研究におけるNO_x排出総量の算定は、貨物車の積載条件を全時間帯で半積載と仮定して行った。しかし、ナンバープレート調査の結果を精査したところ、日付、時間帯、道路の進行方向(上り下り)により、積載条件が変化している可能性があることが確認された。貨物車の積載状況の違いは、NO_x排出総量に影響すると考えられるが、現状の設定はこれらを考慮した算定方法とはなっていない。車両の走行時の積載状況について、時間帯別に細かく把握することができれば、NO_x排出総量の算定精度もより高まってくることが期待できる。

2. DiMCFD について

本調査研究では、実測期間を対象とした精度検証及び技術検討シミュレーション、地方公共団体が所有するデータを基礎としたケーススタディ・シミュレーションを実施した。その中で、

以下のような検討課題が挙げた。

- ・ 拡散係数

DiMCFD を用いた研究の知見等から、弱風域では、乱れを過小評価することが判明した。また、現状の評価ツールには、自動車の走行風の影響は簡易的にしか導入しておらず、また、地表面の加熱等による対流混合については加味していない。以上のことから、モデルの拡散係数はフィールドの拡散係数に比べて過小となっている可能性が示唆される。こうしたモデルの特性を踏まえると、拡散計算を行う際、乱流シュミット数を 0.9 より小さくするなど、拡散係数に補正を加える必要性が考えられる。さらなる検討が必要であると認識している。

- ・ 風向の急変を伴う時刻のシミュレーション手法

1 日の中では、一般風の風向が急変する（1 時間の中で風向が反転する等）可能性がある。こうした時刻を対象にシミュレーションを行う際、準定常（すなわち前の時間の計算結果が影響を受けない）の考え方が不適切である可能性がある。当該事項については、自動車発生源やバックグラウンド濃度の時間分解能にも影響を与え、非常に難しい課題と考えられる。ただし、非常に重要な課題でもあるため、考え方の整理など、早急な対応が望まれる。

3. 「評価ツール」について

評価ツールを外部機関（千葉県環境研究センター）に試用していただいたところ、多数のパラメータをインプットする際にユーザインターフェースが使いにくいという指摘があった。また、計算結果の三次元的な可視化については、現状では市販のソフトを使用させていただくことになっているが、可視化機能もツールの一環として組み込まれることが望ましいという意見も寄せられた。これらの改善や機能の拡張は、今後の検討課題として残された。