

自動車からの排出ガス予測の現状と課題

前山徳久* 白川泰樹*
 椿 貴博* 福田 敦**

近年の自動車排出ガスによる大気汚染問題は、排出規制などの施策の効果により、改善の方向に向かっている。しかし、交通量の多い沿道地域や交差点周辺においては、依然として環境基準をクリアできていないなど課題が残っている。本稿では、シャシダイナモ試験や車載型測定を用いた自動車からの大気汚染物質等排出係数の構築手法や3次元の数値流体力学に基づく大気環境シミュレーションを中心とした、現状の自動車排出ガス濃度予測手法を紹介し、その課題について整理した。

Current State and Future Issues in Forecasting Automobile Emissions

Norihisa MAEYAMA* Yasuki SHIRAKAWA*
 Takahiro TSUBAKI* Atsushi FUKUDA**

In recent years, the issue of air pollution caused by automobile emissions has taken a turn for the better due to measures such as emissions regulations. Nevertheless, there remain problems such as a failure to meet environmental standards in areas near intersections and along heavily traveled routes. This paper introduces methods of forecasting automobile emission concentrations, primarily the coefficient buildup method for automobile-derived air pollutants and other emissions—using chassis dynamo tests and on-board measurements—and air quality simulations based on three-dimensional numerical hydrodynamics, and also reviews issues for the future.

1. はじめに

自動車は日常生活や業務に欠かせないものであり、我々はその利便性の恩恵にあずかっている。一方で、自動車からの排出ガスによってさまざまな環境問題が生じている。一つは、地域的あるいは局所的な大気汚染の問題である。自動車から排出される排ガス

はさまざまな抑制対策が進められたことで、改善の傾向があるものの、交差点や交通量の多い道路沿道などでは、局所的に自動車排ガスの影響が大きくなり、環境基準をクリアできていないなどの課題が残っている。二つ目は、地球温暖化の問題である。自動車からは二酸化炭素(CO₂)等の温室効果ガスが排出され、日本全体の排出量の約18%(2003年度)と高い割合を占めている。このためその削減は喫緊の課題となっている。

このような環境課題の解決のために、自動車からの大気汚染物質等の排出量を正確に把握するとともに、大気環境シミュレーションモデル等によって濃度の予測や評価が実施され、対策立案の材料として

* (財)日本気象協会

Japan Weather Association

** 日本大学理工学部社会交通工学科教授

Professor, College of Science and Technology,

Nihon University

原稿受理 2006年6月2日

活用されている。

本稿では、上記の環境課題のうち地域的な大気汚染に焦点をあて、自動車排出ガスの予測の現状および課題について述べる。なお、「3-1 シャシダイナモ試験」「4. 自動車排出量モデル（バンコクのバスの排出係数の構築）」および「5-3 狭域モデル」は、筆者らによる調査成果である。

2. 自動車排出ガス予測の概要

一般に自動車から排出される各種の排出ガスによる大気汚染の状態を推計する手順は、Fig.1に示すとおり、自動車からの排出ガス量、気象状態、排出ガスの拡散、排出ガスの反応の四つの推計段階から構成され、それぞれの段階でさまざまなモデルが開発されている。自動車排出量の推計では、予測対象とする道路における車種別交通量や車速、自動車からの大気汚染物質排出係数等のデータを用いて自動車から排出される大気汚染物質の量を推計するモデルが利用される。目的によっては、工場・事業場等のその他の発生源からの排出量を推計するモデルを開発し、用いる場合もある。気象状態の推計では、汚染物質の輸送や拡散を支配する風向・風速、気温等の気象場の情報を与えるモデルを用いる。拡散の推計では、排出された汚染物質の大気中における拡散状況を再現する。反応の推計では、発生源から排出された物質が大気中で反応する過程を表現するモデルを用い、反応性の高い物質を予測する。

次章では、自動車排出ガスを推計するために用いるモデルを開発する上で、不可欠である自動車排出ガスの計測方法について詳述する。

3. 自動車排出ガス量の計測方法

自動車から排出される大気汚染物質等は、シャシダイナモ試験やエンジンダイナモ試験によって一定の走行条件等のもとで測定される。また、実際の走行状態での排出ガスを測定するために、路上を走行する自動車に測定器を搭載し、大気汚染物質濃度を測定する車載型排ガス測定も行われている。さらに、自動車から排出される排出ガスをリモートセンシング技術を使って測定する方法も開発されている。以下では、各方法の詳細について説明する。

3-1 シャシダイナモ試験

シャシダイナモ試験とは、シャシダイナモメータと呼ばれる実験室内の試験装置上で試験車に実際の走行状態に類似した負荷を与えて、自動車排出ガス

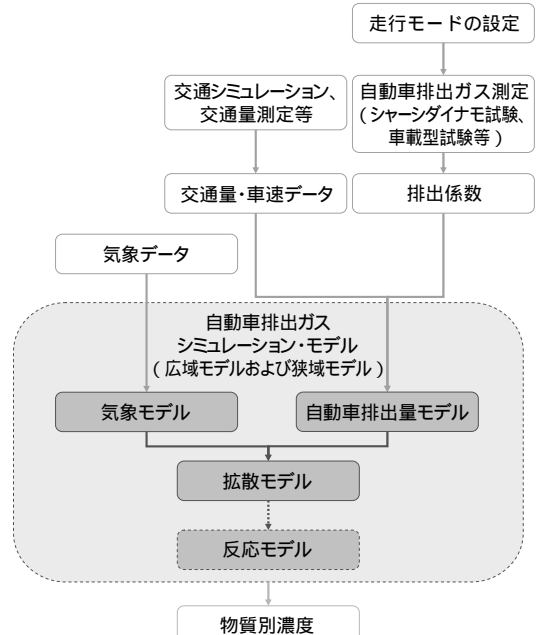


Fig. 1 自動車排出ガスシミュレーションの概要

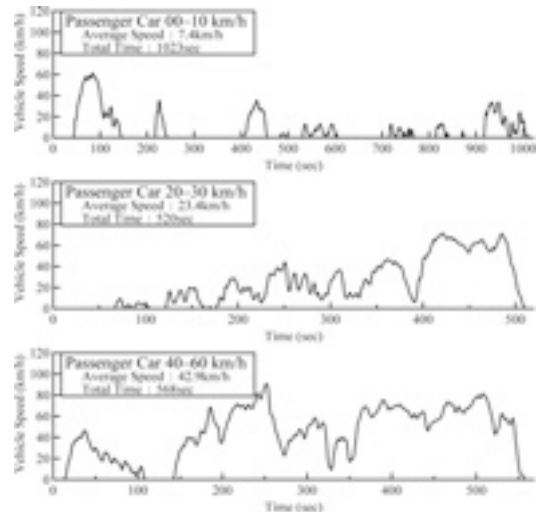


Fig. 2 バンコク市車速別実走行モード（乗用車）

を測定する試験である。

シャシダイナモ試験では、指定された速度パターンを与えて試験車を走行させる。この速度パターンは一般に“走行モード”と呼ばれる。自動車からの排出ガス量は、車種や年式のみならず、都市の道路状況等の特性によって異なる。このため、道路上を走行する自動車の実態に近い排出量を測定するためには、実際の走行データに基づく実走行モードを作成し、シャシダイナモ試験が実施される^{1,2)}。なお、主に新車の排出ガス試験においては「JE05モード」

など国等であらかじめ定められた走行モードが用いられている。

実走行モードの作成例としてFig.2に筆者らがバンコク市において作成した事例を示す^{3,4)}。

このモードは、バンコク市内における自動車の走行実態調査、すなわち市内を実際に走行するタクシーに車速および位置情報等の測定器を搭載・走行し、取得した約1万kmのデータを解析して作成したものである。一般に、自動車から排出される温室効果ガス(CO₂等)や大気汚染物質(PM、NO_x等)の排出量は車速に依存するため、バンコク市における実走行モードも七つの速度区分(0 v < 10km/h、10 v < 20km/h、20 v < 30km/h、30 v < 40km/h、40 v < 60km/h、60 v < 80km/h、80 v < 100km/h)について作成した。速度区分は、上記の走行実態調査の解析結果(速度の頻度分布等)により設定した。また、車種によって走行の特性が異なるため、バス、乗用車、小型トラックについて実走行モードを作成した。

シャシダイナモ試験をそれぞれの実走行モードについて実施することで、車速別の大気汚染物質排出係数(1kmあたり走行時等の排出量)が得られる。バンコク市の調査では、Fig.2に示した実走行モードを用いて、バンコク市を実際に走行する自動車から排出されるNO_x、CO、NMHC、PM、CO₂の各物質の排出量を測定した。

なお、これらの調査は、運輸部門のCDMの促進を目的に、国土交通省の「地球環境問題解決のためのクリーン開発メカニズム(CDM)推進事業」の一環として実施したものである。開発途上国においては、概してこのような速度別の実走行モードあるいはそれに基づく排出量の計測は実施されておらず、精緻な排出量の算定が難しく、運輸部門でのCDM事業を進める上での大きな障害となっている。この

ため、本事業においてはモデル都市としてバンコク市を選定し、このような基礎的なデータの構築を行った。

3 - 2 車載型排ガス測定

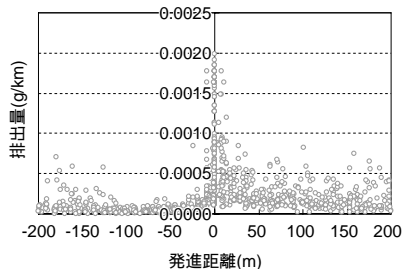
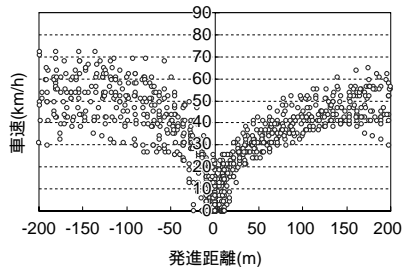
車載型排ガス測定とは、試験車両に車両走行状態(車速、エンジン回転数等)や排出ガスの測定器を積載し、実際の道路を走行させて行う測定である。試験車両の概要をFig.3に示す。

前述のように、シャシダイナモ試験では、決められた走行モードを用いて排ガス測定を行うのに対して、車載型測定では実際の道路を走行するため、試験区間の交通状況などを反映した、リアルタイムの排出状況の測定が可能である。

車載型排気ガス計測の実施例として、Fig.4に東京周辺において国立環境研究所が実施した車載型測



Fig. 4 車載型排気ガス計測の測定ルート



注) 発進距離は停止位置からの距離。

Fig. 5 交差点停止時の車速およびNO_x排出量(乗用車)

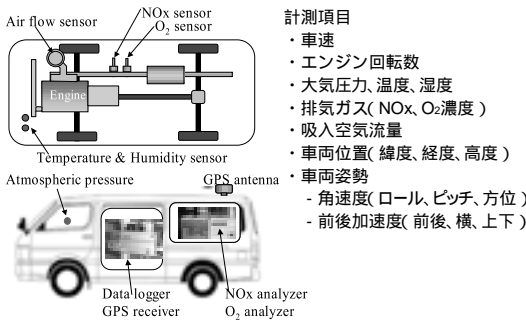


Fig. 3 車載型排気ガス計測の試験車両

- 計測項目
- ・ 車速
 - ・ エンジン回転数
 - ・ 大気圧力、温度、湿度
 - ・ 排気ガス(NO_x、O₂濃度)
 - ・ 吸入空気流量
 - ・ 車両位置(緯度、経度、高度)
 - ・ 車両姿勢
 - 角速度(ロール、ピッチ、方位)
 - 前後加速度(前後、横、上下)

定の走行ルートを示す⁵⁾。この測定データから車両が交差点で減速 停止 加速する際の車速およびNO_x排出量を抽出した結果をFig.5に示す。「交差点で停止する」という同じ車両挙動でも、その加減速状況は交通状況等により異なっていることがわかる。また、NO_x排出量は、特に発進時に急激に増加し、その後の加速度の大きさにより、発進後の排出量も変化している。

このように、車載型測定ではリアルな排出状況を測定することが可能であり、近年さまざまな研究者によってモデル化の研究が行われているが、現状ではデータの蓄積が少ないことなどから、いずれも汎用的なモデル化にまでは至っていない。

3-3 リモートセンシング技術による測定

リモートセンシング技術を使って大気中に排出された排出ガスを計測するいくつかの方法が開発されている。例えば、ESP社は、道路と直角の方向に赤外線や紫外線のビームを往復するようにリモートセンシング受発光装置と反射鏡を設置し、車両が通過した時に、排出される排気ガスの濃度を赤外線と紫外線により測定する装置を開発している⁶⁾。この装置では、排気ガスが周辺大気によって希釈されるので、CO₂を基準とする相対濃度を求め最終的に単位燃費あたりの排出量が求められるようになっている。

4. 自動車排出量モデル

大気環境モデル(広域モデルおよび狭域モデル)を用いて自動車からの排出ガスによる大気汚染状況のシミュレーションをするに当たっては、発生源の情報、すなわち、自動車からの大気汚染物質排出量を適切に推計することが、予測精度を確保する上で重要になる。これまで自動車から排出される大気汚染物質を推計する目的で、さまざまなモデルが考えられてきたが、ここでは、以下の二通りの異なるアプローチによるモデルを説明する。

一つは、比較的マクロな観点で推計するモデルである。予測対象とする時間スケールが時間または日レベルで、かつ空間分解能が最小で数キロ等の比較的大きなスケールであり、平均的な排出状況を捉えることが目的の場合に用いられる。この場合、予測対象とする道路を走行する自動車からの排出量は、主に自動車の大気汚染物質排出係数(g/km等)と交通量(台等)、道路延長(km等)を積算することで算定される。したがって、このモデルを適用する場合は、排出係数の設定が重要となる。排出係数は3章

で述べた対象地域の実走行モードを用いたシャシダイナモ試験によって得られた排ガス測定値から構築されることが理想的である。しかし、一般には、それぞれの事例においてこのような一連の実験を行うことは困難であり、既存の排出係数や規制値等が用いられることが多い。なお、自動車からの排出ガス量は車種や車速に大きく依存するため、これらに対応した排出係数を用いる必要がある。

このような排出係数の一例として、Fig.6に前述の筆者らがCDMの調査において構築したバンコク市を走行するバスのCO₂およびNO_xの排出係数を示す^{4,7)}。この結果は、エアコンバス(Air conditioned Bus)、エアコン無しのバス(Regular Bus)、ミニバス(Mini Bus)について、それぞれ18台、13台、8台のシャシダイナモ試験の平均値を示す。この結果から、CO₂、NO_xの排出係数は、いずれも0 km/h付近で最も大きく、車速が大きくなるに従って小さくなり、60km/h付近で最小となっている。また、エアコンバスが最も小さく、次いで、エアコン無しバス、ミニバスの順となっている。

なお、上記のエアコンバス、エアコン無しバス等は現地での呼び名であるが、エアコン無しバスはエアコンバスに比べて使用年数が長く、古いバスが多い。また、車両重量は、エアコンバスとエアコン無しバスが8 tまたは11 t、ミニバスが4.34 tであった。なお、シャシダイナモ試験においては、

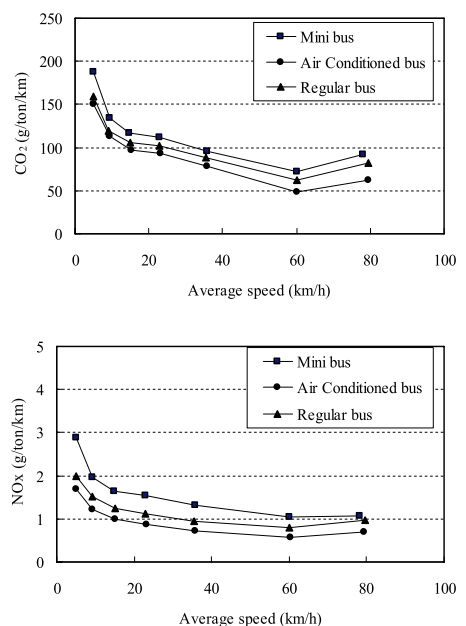


Fig. 6 バンコクのバスの排出係数

エアコンバスはエアコンを駆動せずにエアコン無しのバス等と同様の条件下でテストを実施した。

もう一つは、比較的マイクロな観点からの推計モデルである。3 - 2 に示したように、交差点等では走行状態によって汚染物質の排出量は大きく変化する。このためモデル化は非常に難しく、マイクロ排出量モデルについては、いまだ研究段階にある。ここでは、前述の車載型排ガス測定データを活用した、マイクロ排出量推計モデルを紹介する。

完全にマイクロ的な観点からモデル化することを考えると、当該道路を走行する個々の車両の走行記録すなわち排出状況が必要であるが、それをすべての車両について推計することは不可能である。そこで、鹿島らは自動車の発進 加速・減速・定速 次の発進までを単位(トリップセグメント: Fig.7)とし、車載型測定結果を解析、マクロモデルとマイクロモデルの中間的な精度を持つ排出量モデルを提案した⁸⁾。このモデルでは、NO_x排出量をトリップセグメント内での4モード(加速・定速・減速・アイドル)別の排出量の合計で表現することで、実測値に近い排出量の推計を可能としている(Fig.8)。しかし、この結果は1台のディーゼル車の車載型排気ガス計測装置による測定結果を対象としたものであり、モデルの適用性の確認や汎用性を高めるためには、さまざまな車種、走行環境での車載型測定データの蓄積が必要である。なお、加藤らも、発進 加速・減速・定速 次の発進までを単位(サイクル)として推計する同様のモデルを提案している⁹⁾。

これに対して、マイクロ交通状態を、マイクロ交通シミュレーションによって再現し、これに何らかの排出係数を適用する研究も行われている。例えば、寺田らは、マイクロ交通シミュレーションParamicsで求めた1秒ごとの各車両の速度、加速度を、シャシダイナモ試験で作成した車種・規制年度ごとの加速度と排出ガス関係を表す排出係数マップに当てはめ

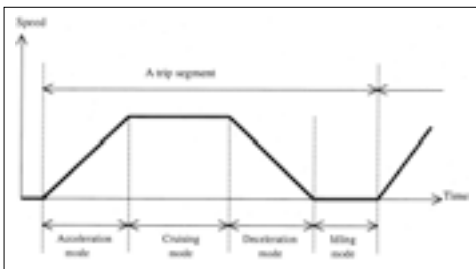


Fig. 7 トリップセグメントの概念図

て排出量を推計するモデルを開発している¹⁰⁾。しかし、このアプローチの場合、マイクロ交通シミュレーションの再現性が必ずしも十分ではない点が大きな課題として残っている。

5. 自動車排出ガスのシミュレーション

5 - 1 シミュレーションモデルの概要

自動車等から排出された大気汚染物質質量を推計した次に、その大気中における挙動を把握するための手法として、さまざまなシミュレーションモデルが開発されてきた。代表的なモデルとしては、ブルーム・パフモデル等の解析解型モデル、あるいは大気中の複雑な物理・化学過程を忠実にモデル化した3

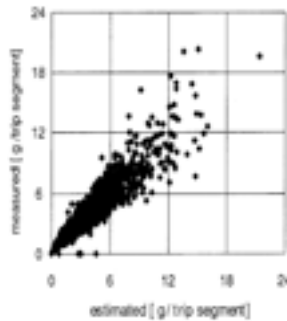


Fig. 8 排出量モデルと測定結果の比較

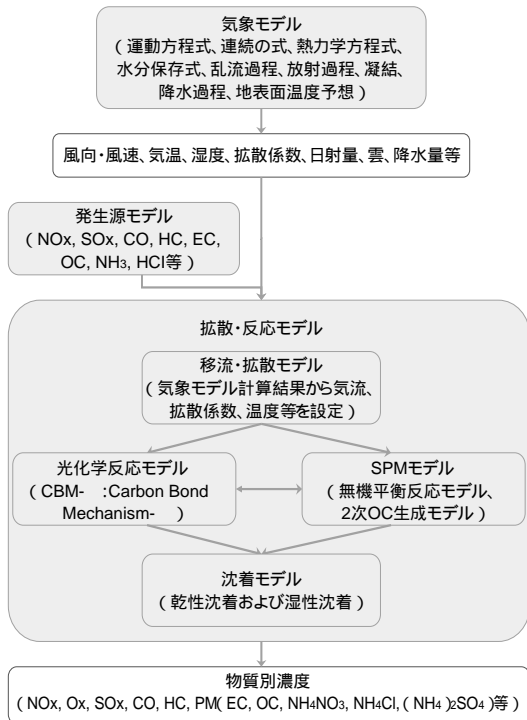


Fig. 9 広域大気環境モデルの概要

次元の大気環境モデル等がある。プルーム・パフモデルは主に環境アセスメント等で用いられている。このモデルは、発生源や拡散過程が単純化されており計算が比較的容易であるが、時々刻々変化する大気環境の再現、あるいは O_3 やSPMの2次生成粒子等の複雑な反応によって生成される物質の計算は困難である。一方、3次元の大気環境モデルは、計算負荷が高いものの、時々刻々変化する大気環境の状況や反応性が高い物質の扱い、地形・建物等を反映した拡散状況の計算等の点で優れている。以下では、近年の計算機の発展に伴い、実用化されつつある3次元大気環境モデル(広域モデルおよび狭域モデル)について、筆者らが実際に行った調査結果を基に、モデルの現状をまとめた。

5-2 広域モデル

1) 全体像

広域大気環境モデルは、数十～数百kmの大気汚染の状況の予測・再現を目的として開発されたモデルであり、自動車のみならずさまざまな発生源から排出される大気汚染物質を取り扱い、現実の大気環境で起こっている物理的・化学的現象を可能な限り忠実に再現しようという試みがなされる。

広域大気環境モデルは、自動車等の発生源からの大気汚染物質の排出をモデル化した「発生源モデル」、大気中の気流や気温、湿度等の気象場を計算する「気象モデル」、そして大気汚染物質の移流、拡散、

反応、沈着等を計算する「拡散・反応モデル」から構成される(Fig.9)。このタイプのモデルでは、現象が時々刻々変化する非定常性のみならず、反応性のある物質等の非線形性を表現することも可能である。このようなモデルには、兼保らによる組成別モデル^{11,12)}やUAM AERO¹³⁾、Models 3 CMAQ¹⁴⁾などがある。

本稿では広域大気環境モデルの例として、(財)日本気象協会が産業技術総合研究所とともに開発した広域大気環境モデルを紹介する^{11,12)}。このモデルでは、 NO_x 、PM、 O_3 、CO、 SO_2 等の濃度が再現・予測できる。

2) 発生源モデル

対象としている発生源は多岐にわたり、大気中の大気汚染物質の濃度を再現するために必要な主要なものが網羅されている(Table 1)。

なお、自動車の走行状態・走行量については4に示したマクロな推計手法が用いられており、各道路リンクの交通量や車速は主に道路交通センサス等で得られたものが使用されている。

発生源から排出される大気汚染物質は、主に光化学反応に関わる NO_x 、 SO_x 、HC、CO等とともに、PMの1次粒子である元素状炭素(EC)、有機炭素(OC)、無機2次粒子生成に関わる塩化水素(HCl)、アンモニア(NH_3)等である。

広域大気環境モデルでは、時間レベルで大気汚染物質の濃度を再現・予測するため、各発生源からの排出量も時間レベルでモデル化される。排出量の分布図の一例をFig.10に示す。

3) 気象モデル

気流や気温等の気象場の計算には、(財)日本気象協

Table 1 対象とする発生源

対象発生源	発生源区分	備考
固定発生源	ばい煙発生施設	大気汚染防止法で定めるばい煙発生施設
	群小発生源	一般家庭および業務系
	小型焼却炉	大気汚染防止法規模要件未達の償却施設
	粉じん発生施設	大気汚染防止法で定める一般粉じん発生施設
	炭化水素類発生施設	貯蔵施設、出荷施設、給油所、塗料、印刷、接着剤、工業用洗剤、化学製品製造、ゴム製品製造
	下水・し尿処理場	下水処理場およびし尿処理場
移動発生源	自動車	幹線道路および細街路を走行する四輪車
	船舶	港湾区域内、港湾区域外の航行および停泊する船舶
	航空機	主要空港および小型機専用空港
	特殊自動車	建設機械、作業用機械、農業機械
自然発生源	植物	植物からの排出
	肥料・家畜	肥料・家畜からの排出
	人間	人間からの排出

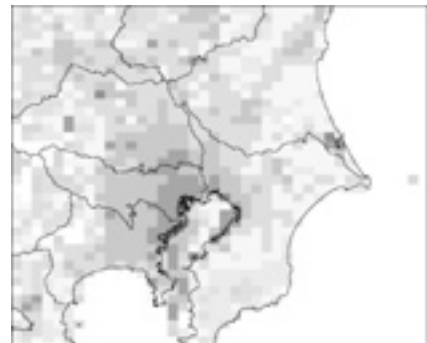


Fig. 10 全発生源からの NO_x 排出量分布図

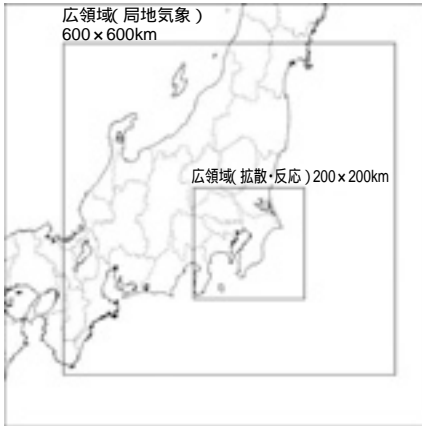


Fig. 11 計算対象領域

会が開発したANEMOSを用いている。本モデルは、大気中で生じる物理現象に関する方程式（運動方程式、連続の式、熱力学方程式、水蒸気保存式等）を地形の起伏、乱流過程、放射過程、地表面と大気とのエネルギー交換過程を考慮して数値的に解き、発生源から排出される大気汚染物質の移流、拡散、反応に関わる諸条件を提供する。

4) 拡散・反応モデル

拡散・反応モデルは、発生源から排出される大気汚染物質を輸送し、拡散させる「移流・拡散モデル」、 NO_x や O_3 等の生成・消滅に関わる「光化学反応モデル」、SPM等の生成を計算する「SPMモデル」、大気中の大気汚染物質の地表面等への沈着を計算する「沈着モデル」から構成される(Fig.9)。

大気中には数多くの物質が存在し、さまざまな反応等によって複雑に絡み合っている。シミュレーションではこれらの反応過程を全てモデル化することは計算量等の点から困難であり、反応モデルでは反応過程が簡略化される。

このモデルで用いられている光化学反応モデルは、CBM - 1⁵⁾である。このモデルでは、有機化合物の炭素間の結合状態に着目し、反応性の高い二重結合、単結合等に分類し、結合状態や反応性の度合いにより、抽象的な代表分子を組み合わせることで、広範な化学種の反応の再現を可能にしている。

SPMモデルは、1次粒子および2次生成粒子が扱われている。1次粒子は発生源から直接粒子として排出されるものであり、大気中での反応性はない。2次生成粒子は、大気中の化学反応等により生成されるものであり、硝酸アンモニウム(NH_4NO_3)、塩化アンモニウム(NH_4Cl)、硫酸アンモニウム

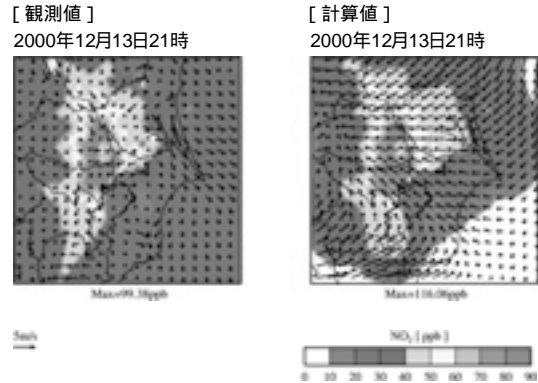


Fig. 12 広域大気環境シミュレーションの一例

((NH_4) SO_4)などの無機粒子と有機化合物が凝縮し粒子化した有機粒子がある。

5) シミュレーションの事例

広域大気環境モデルを用いたシミュレーションの一例として、筆者らが実施した関東地域における大気環境の再現シミュレーションの結果を示す。気象モデルの計算は日本海や内陸の山岳地帯を含む比較的広い範囲(約600km四方)について行った(Fig.11)。これは関東付近の気流場にはこのような広域的な気流や地形が影響しており、これらを反映するためである。水平方向の格子間隔は約5kmであり、鉛直方向は5200mまで25層に区切っている。計算のタイムステップは1分であり、濃度は1時間値として出力される。拡散・反応モデルは、気象モデルの結果を入力値として、関東地域(約200km四方)に限定して計算される。水平、鉛直方向の格子間隔は気象モデルと同様である。

シミュレーションの結果の一例をFig.12に示す。これは過去の NO_2 高濃度事例(2000年12月13日)の再現計算である。観測値とシミュレーションの比較図から、 NO_2 の濃度レベルおよび濃度分布は比較的よく再現できていることがわかる。

この結果はすべての発生源を含めて計算した事例であるが、自動車の寄与と濃度等の推定やさまざまな自動車対策(比較的広域的な交通施策や排出規制等)を施した場合の濃度低減効果を計算することも可能である。

また、広域シミュレーションモデルの結果を次節の狭域シミュレーションの境界条件として利用(ネスティング)することで、比較的広域的な施策の狭域への濃度低減効果推定や、自動車寄与だけでなく環境濃度を推定することも可能である。

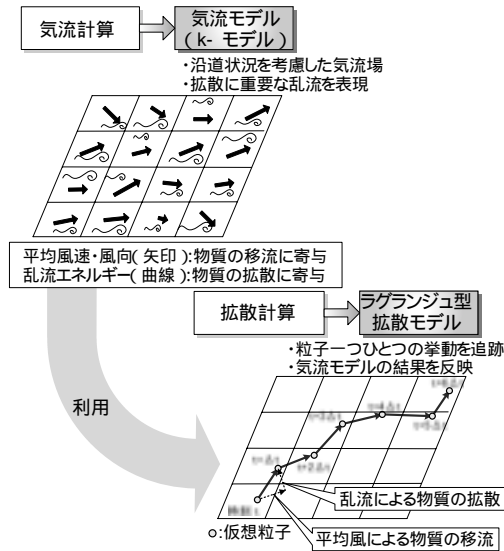


Fig. 13 狭域大気拡散モデルの概念図

5 - 3 狭域モデル

1) 概要

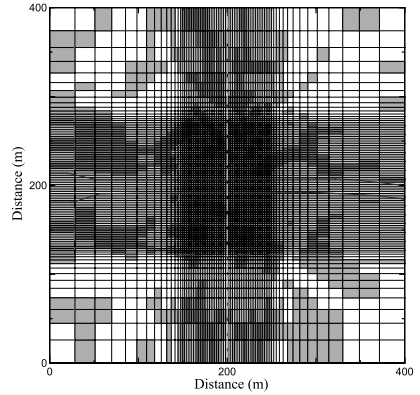
狭域の大気拡散モデルは、数m～数百mの大気拡散濃度の予測・再現を目的として開発したモデルであり、自動車や工場から排出される汚染物質の拡散濃度予測に用いられている。狭域の大気環境モデルは気流モデルと拡散モデルから構成されており、まず、気流モデルにより地形や建物の影響を考慮した気流場を求めて、その気流場において拡散モデルにより、汚染物質の拡散場を求めている(Fig.13)。ここでは、筆者らが中心となり開発した乱流モデルにkモデルを用いた気流モデルとラグランジュ型の拡散モデルから構成される狭域の大気拡散モデルを示す。

2) 気流モデル

気流モデルでは、連続の式、ナビエ・ストークス方程式に空間と時間で平均(レイノルズ平均)化の処理を施した支配方程式を、幾何学的な保存性に優れた有限体積法によって離散化している。また、乱流過程を再現するために、信頼性、経済性などのバランスに最も優れていて、乱流を含む流れの場を解く際に、最もよく用いられているkモデルを用いている。

3) 拡散モデル

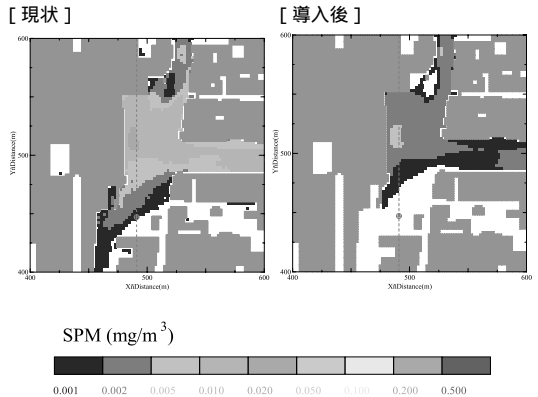
拡散モデルには、Langevin方程式系のラグランジュ型ランダムウォークモデルを使用している。ここで用いるランダムウォークモデルは、気流モデル



注) 灰色は建物。
Fig. 14 計算格子設定例

Table 2 狭域シミュレーション事例の計算条件

項目	内容
計算領域	水平1km × 1km × 高度1km
計算格子	・ 直交座標系 ・ 格子数: 水平110 × 110 × 鉛直24 ・ 格子間隔: 最小0.6m ~ 最大50m
排出設定	・ 排出量: 交通量 × 排出係数 ・ 排出源: ターミナル内に面的配置
計算濃度	自動車寄与とSPM年平均濃度
施策	低公害車(バス)の導入



注) 灰色は建物。
Fig. 15 自動車寄与SPM濃度

から出力される平均風速および乱流エネルギーを用いて、発生源から多数の粒子を放出・追跡し、その粒子密度から濃度を求める方法である。移流成分には平均風速、拡散成分には乱流エネルギーから設定される速度変動を標準偏差とする正規乱数を随時発生させることによって乱流拡散現象を表現している。

4) 計算領域の設定

狭域モデルの計算領域は広域に比べて狭いが、領

域内の細かな地形起伏や建物等の影響度が大きくなるため、それらを考慮する必要がある。つまり、それらの細かい地形地物を再現しうだけの計算格子数が必要となる(Fig.14)。計算における適切な座標系の設定や格子間隔の設定等については、計算精度と計算時間等のバランスを検討した上で、設定する必要がある。

5) 排出モデル

狭域モデルの排出量については、前述のミクロ的な排出量モデルを用いることが適切であると考えられる。この場合、排出位置については、一般的に道路上に線煙源を配置する方法が用いられる。しかし、実際には道路上は自動車が行くことにより、気流は乱れ、テールパイプから排出された汚染物質は、排出直後にある程度攪拌されている。この攪拌の影響については、気流モデルの出力結果に車両走行による乱流を追加する方法や、拡散モデルにおいて初期拡散幅として設定する方法を用いている。

6) シミュレーションの事例

狭域大気拡散モデルを用いて筆者らが実施したシミュレーションの事例を示す。この事例はバスターミナル周辺を対象とし、現状で運行しているディーゼルのバスをすべて低公害車に転換した場合の自動車寄与濃度改善効果の把握を目的としたものである。計算条件をTable 2に示す。計算は現状と低公害車導入後の2ケース実施し、両濃度の差が導入による濃度削減効果となる。Fig.15に現状と導入後の自動車寄与SPM濃度分布を示す。狭域大気拡散シミュレーションでは、このようなバスターミナル内などの局所的な濃度改善対策などの施策について、事前にその効果を定量的に把握することが可能である。また、本稿では低公害車導入を例に挙げたが、局所的に風の流れをよくすることによる濃度低減や、交通状況改善による濃度低減等、その他様々な局所汚染対策の事前評価において、有効な手段として活用している⁵⁾。

6. 課題

自動車から排出される大気汚染物質等の濃度予測は、測定やシミュレーション等の技術向上によって精緻化しているが、その精度を高めていくためにはいくつかの課題がある。

広域モデルについては、時々刻々変化する大気中の大気汚染物質の濃度を適切に再現・予測するために、自動車をはじめとした種々の発生源からの排出

量を時間的あるいは空間的により詳細に設定するなど精度向上の余地がある。

狭域モデルについては、ミクロの排出モデルを確立し、より詳細な排出量推計を可能とするために、さらなる車載型排出ガス測定データの蓄積、解析が必要である。これにより、狭域の大気拡散シミュレーション精度の向上も期待される。また、大気拡散シミュレーションモデルを用いて、特に自動車排出ガスの濃度をシミュレートする際には、排出量、計算領域・格子、自動車走行風の取扱など、計算条件の設定に注意を払う必要がある。

[謝辞] 本稿で紹介したバンコク市における実走行モードの作成およびシャシダイナモ試験の実施に際しては、独立行政法人国立環境研究所の小林伸治先生、近藤美則先生に多大なるご支援をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 平井洋、柳漢呉、土井努、細井賢三「排出係数測定用の実走行モードの作成方法について」『自動車研究』第18巻、第12号、1996年
- 2) 山本敏朗、野田明、米川誠、上原円香、小川恭弘「シャシ台上試験で用いる代表走行試験モードの作成方法」『交通安全環境研究所報告』第8号、平成17年
- 3) 前山徳久、舛巴亮、白川泰樹、竹内義治、福田敦、近藤美則、小林伸治「タイ・バンコク市における自動車排出ガス量の推計(第1報)- 排出係数測定のための実走行モードの構築 -」『自動車技術会 2004年秋季大会学術講演会前刷集』14、2004年
- 4) 国土交通省『平成15年度地球環境問題解決のためのクリーン開発メカニズム(CDM)推進事業報告書』平成15年
- 5) ④環境再生保全機構『各種自動車排出ガス抑制対策の評価手法等に関する調査報告書』平成17年
- 6) <http://www.esp-japan.co.jp>
- 7) 白川泰樹、舛巴亮、前山徳久、竹内義治、福田敦、近藤美則、小林伸治「タイ・バンコク市における自動車排出ガス量の推計(第2報)- 排出係数の作成 -」『自動車技術会2004年秋季大会学術講演会前刷集』57、2004年
- 8) 鹿島茂、横田久司、国領和夫「自動車走行モードを明示的に考慮したNO_x排出量推計モデルの

- 開発」『大気環境学会誌』40、137-147、2005年
- 9) 加藤和博、鈴木弘司、丹羽晴紀「自動車交通流改善施策の環境負荷評価のための走行モード別微視的原単位モデル」『環境システム研究・論文集』30、135-141、2002年
- 10) 寺田重雄、棚橋巖、林誠司、吉川康雄、國見均「自動車排出量推計のためのマイクロ交通シミュレーションモデルの開発」『第32回土木系各研究発表会講演集』CD、2005年
- 11) 兼保直樹、吉門洋、近藤裕昭、守屋岳、鈴木基雄、白川泰樹「組成別SPM濃度シミュレーション・モデルの開発と初冬季高濃度大気汚染への適用(Ⅰ): 発生源モデルの構築」『大気環境学会誌』37、167-183、2002年
- 12) 兼保直樹、吉門洋、近藤裕昭、守屋岳、鈴木基雄、白川泰樹「組成別SPM濃度シミュレーション・モデルの開発と初冬季高濃度大気汚染への適用(Ⅱ): モデルの概要および予備的計算結果」『大気環境学会誌』37、302-319、2002年
- 13) Lurmann, F. W., A. Wexler, N. Pandis, S. Musara, N. Kumar, and J. Seinfeld: Modeling urban and regional aerosols II. Application to California's South Coast Air Basin, Atmos. Environ., 31, 2695-2715, 1997
- 14) Byun, D. W. and J. K. S. Ching, (eds.): Science algorithms of the EPA Models-3 Community Multiscale Air Quality Model (CMAQ) modeling system. EPA/600/R-99/030, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC 20460, 1999
- 15) Gery, M. W., G. Z. Whitten, J. P., Kullus and M. C. Dodge: A photochemical kinetics mechanism for urban and regional scale computer modeling, J. Geophys. Res., 94, 12, 925-956, 1989