

# 将来の自動車排ガス規制にともなう 排出量低減および大気濃度への影響<sup>\*1</sup>

Emission Reduction with Future Vehicular Emission Regulation  
and its Effect on Atmospheric Environment

森川 多津子 <sup>\*2</sup>  
Tazuko MORIKAWA

林 誠司 <sup>\*3</sup>  
Seiji HAYASHI

平井 洋 <sup>\*3</sup>  
Hiroshi HIRAI

伊藤 晃佳 <sup>\*2</sup>  
Akiyoshi ITO

## 1. はじめに

自動車からの排出ガス規制値は大気汚染防止法に基づき逐次強化されている。また、近年では特に自動車NO<sub>x</sub>・PM法の改正、東京都など八都府市の条例によるPM排出への規制などディーゼル車をめぐる動きが大きい。さらに環境省中央環境審議会の第8次答申（2005年8月）に基づき、当時、ディーゼル車に対し世界最高水準の厳しい規制である「ポスト新長期規制」が掲げられ、2009年10月より順次適用される。本研究では、将来における自動車排出規制が自動車からの汚染物質排出量にどのように効果があるか、また大気中の汚染物質濃度に対してどのような影響があるか検討した。

## 2. 推計手法

### 2.1 概要

本研究では、JCAPII（Japan Clean Air Program II, 大気環境改善のためのプログラム）広域自動車排出量推計システム<sup>1)</sup>による自動車からの汚染物質排出量をデータを用い、米国環境保護庁が開発したCMAQ（Models-3/Community Multi Scale Air Quality）ver4.5をメインモデルとして大気汚染常時監視局の一般大気測定局に相当する広域大気中濃度を推計した。

推計に必要な気象データは気象モデルRAMS（Regional Atmospheric Modeling System）ver4.4の計算結果を用い、自動車以外の排出量はEAGrid2000-

JAPAN<sup>2)</sup>を用いた。モデルおよび入出力データの一覧を図1に示す。

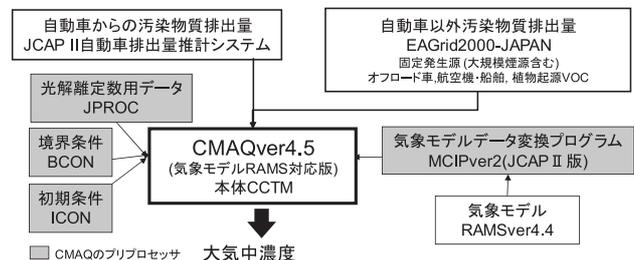


図1 モデルおよび入出力データ

### 2.2 自動車からの汚染物質排出量の推計

JCAPII広域自動車排出量推計システムでは、走行時および始動時のテールパイプエミッション、エバポエミッション（Running Loss, Diurnal Breathing Loss, Hot Soak Loss）、車両走行に伴うタイヤ磨耗および巻き上げ粉じんの計算が可能である。対象汚染物質はNO<sub>x</sub>、CO、SO<sub>2</sub>、THC、PMである。走行時テールパイプエミッション算出に用いるベース排出係数は2005年度までの環境省による排出原単位の値が使える、計算対象を2000年度とすると長期規制までが考慮されることになる。ガソリン車に関しては耐久劣化や整備不良による高排出車を考慮することができる。交通量は1999年度交通センサスおよび全国輸送統計年報のデータにより求めた幹線道路と細街路の交通量が平日・休日別に準備されている。また関東NO<sub>x</sub>PM法による規制も考慮することが可能である。NO<sub>x</sub>およびCOの排出は気温・湿度の影響を受けるため、月平均温湿度のデータを用いて温湿度補正をおこなっ

\*1 原稿受理 2009年3月19日

\*2 (財)日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部 博士(工学)

\*3 (財)日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部

ている。結果として、自動車排出量データは月別平日・休日別のデータとして算出される。データの空間解像度は、日本全国を対象とする場合の二次メッシュ（約10km四方）および関東・関西圏の三次メッシュ（約1km四方）である。時間分解能は1時間である。

2000年度計算では、エバポエミッションにかかわるガソリン蒸気圧（RVP）は季節によらず一律68kPaとした。

得られた汚染物質排出量はNO<sub>x</sub>、THC、PMについてJCAPIIにおいて使用した組成分類データを持ち個別成分に分解した<sup>3)</sup>。ただし、ディーゼル車からのNO<sub>2</sub>:NO比は従来の大気質予測モデル<sup>4)</sup>では体積比で10:90という値が用いられていたが、NO<sub>2</sub>に着目した試験結果に基づき14:86と見直した<sup>5)</sup>。

### 2.3 広域大気質シミュレーションモデル

本研究ではCMAQver4.5をコアモデルとしたが、RAMSによる気象データを用いるため、CMAQの気象データ作成用のプリプロセッサ（MCIP）はJCAPIIによる改良版を使用した。

なおCMAQでは、化学反応スキームや計算手法に関して、ある程度ユーザが適当なものを選択できる仕組みになっている。本研究ではユーザ設定パラメータを表1のように設定した。

表1 CMAQのモデル本体のパラメータ設定

主なパラメータ	手法
化学反応モデルドライバ	ctm
濃度計算の最終調整法	denrate
水平方向移流計算	hppm
鉛直方向移流計算	vppm
渦拡散計算	eddy
光解離	あり
化学反応式解法	ebi_saprc99
エアロゾルモジュール	aero4
エアロゾル沈着	あり
化学反応式のセット	SAPRC99-aero4-aq

モデル対象領域はJCAPIIにおける計算を参考に、本州をほぼカバーする領域をG1、関東をG2とする二重ネスティング領域とした（図2）。鉛直方向は海拔13,834.7mまでの領域をG1は29層、G2は36層に分割し、G2の最下層は25mとした。

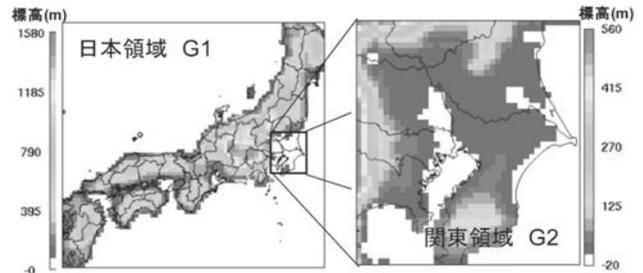


図2 CMAQ計算対象領域

### 2.4 シミュレーションケース

本研究では、自動車からの排出量予測に用いている交通量データが1999年であること、自動車以外の汚染物質排出量のデータが2000年度であることにより、計算対象年度（ベースケース）を2000年度とした。その他、2010年および2020年の将来推計をしたケースを検討した。以下に詳細を述べる。

#### 1) 2000年ベースケース

特に大気環境で問題となっているNO<sub>2</sub>濃度に関して詳細に検討するため、シミュレーション対象エピソードは2000年度の自動車排出ガス局（自排局）におけるNO<sub>2</sub>濃度の高濃度日から選定した<sup>6)</sup>。すなわち

- (1) 越境輸送による酸化物が主要因と考えられる春季（2000年4月13～19日）
  - (2) 光化学反応が主要因と考えられる初夏および秋季（盛夏を除く）（2000年6月16～22日）
  - (3) 高濃度の大气汚染物質が地表面に蓄積するためと考えられる冬季（2000年12月5～9日）
- の三つのエピソードを選定した。

#### 2) 2010年BAU（BAU：Business As Usual, 新たな対策を実施しない）

現行規制の効果確認として、自動車排出量は新長期規制（2005年）、ポスト新長期規制（2009～2010年）までを考慮した。排出係数は2005年度までは環境省の排出原単位に基づき、それ以降のポスト新長期規制によるものは規制値ベースの低減率を新長期規制における排出原単位に乗じて算出した。

自動車走行量はベースケース（2000年度）と同じと考え、自然代替による車種構成の変化を考慮した。将来の車種構成を算出する前提条件となる残存率（100% - Σ廃車率（年度ごと））は、年別登録台数と総車両登録数の関係を元に、廃車率が

ワイブル分布になるものとして求めた2005年の値を使用した。初度登録車両台数は2005年の販売台数が将来においても継続すると仮定し、2005年以降の登録台数は、初度登録台数に、経過残存率を乗じて推定した。車齢と残存率の関係を図3に、2000年、2010年、2020年の初度登録年別車両構成を図4に示す。

ディーゼル車からのNO<sub>2</sub>:NO比は新短期規制車では後処理装置が用いられていることから、一律にNO<sub>2</sub>:NOを30:70とした。RVP値は2005年夏場の許容限度設定目標値上限を72kPa以下から65kPa以下に変更する答申<sup>7)</sup>がなされているため、6月エピソードではRVP値を65kPaに設定した。なお、4月および12月は現状の冬季と変わらない設定である82kPaとした<sup>8)</sup>。その他、始動回数など自動車排出量に大きく関与するパラメータについては、排出規制の効果を明確にするためにベースケースである2000年度のものに変更しない。ガソリン高排出車もベースケース同様にJCAPIIモデルに基づき考慮した。

固定蒸発発生源からのVOC排出量についてはVOC規制を考慮にいたしたものとする。これは2005年度よりVOCに係る排出規制と事業者の自主的取組とをともに推進し、2010年度までに、工場等の固定発生源からのVOC排出総量を2000年度比で3割程度抑制することを目標とするものである。そのため、2010年は規制後として固定蒸発発生源からのVOC排出量を2000年度より一律30%削減を想定した。

その他の排出量データは変化しないものとした。

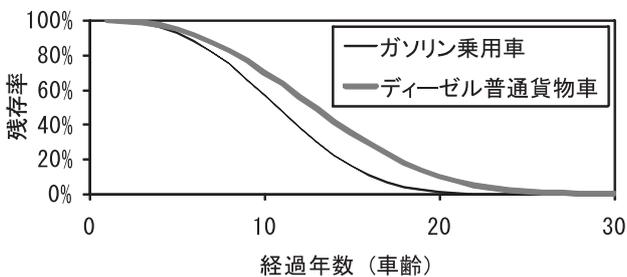


図3 将来推計に用いた車齢別残存率

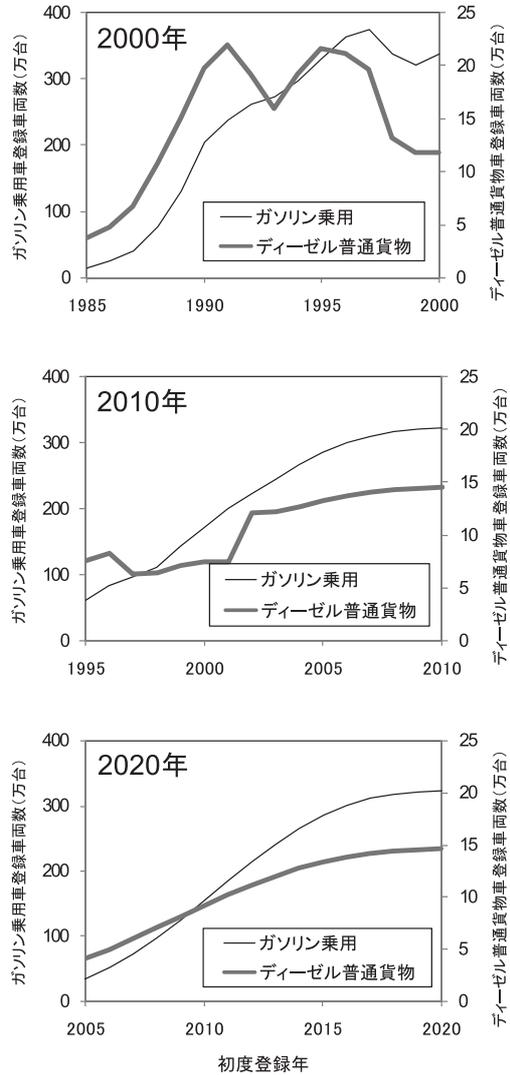


図4 推計に用いた車両構成 (2000～2020年)

### 3) 2020年BAU

2010年のケースでは、車両の入れ替えがそれほど進まないことから、2009年の規制導入後11年経過で、図4に示すように車種代替が進んだ状態を想定する。ディーゼル車からのNO<sub>2</sub>:NOは2010年と同様に30:70とした。RVP値についても規制がおこなわれないものとして2010年と同じとした。交通量や始動回数などについても2) 2010年ケースと同様、変更しない。ガソリン高排出車もベースケース同様にJCAPIIモデルに基づき考慮した。固定蒸発発生源からのVOC排出量は2010年と同様、2000年度より30%削減を想定し、その他の排出量データは変化しないものとする。

### 3. 推計結果

#### 3.1 汚染物質排出量の推移

図5に自動車からのNOxおよびPM排出量の変化、図6に同じく他の発生源も考慮した総量の変化を示す。関東および日本全国の自動車からのNOx排出量は2000年に対して、2010年ではそれぞれ46%減少および45%減少、2020年では70%減少および69%減少すると推計された。PMは規制の効果さらに大きく出ており、関東および日本全国の自動車からのPM排出量は2000年に対して、2010年ではそれぞれ87%減少および85%減少、2020年では98%減少および95%減少と非常に小さくなる。

自動車以外の発生源を含めた場合の総NOx排出量は、2000年に対して2010年では20%減少、2020年では29%減少すると推計された。総PM排出量は、2000年に対して、2010年では29%減少、2020年では34%減少すると推計された。

いずれもポスト新長期規制の導入や規制対応車両への車両代替により、将来の自動車からのNOxおよびPM排出量は大幅に低減されるとの推計結果が得られた。

#### 3.2 都心における大気中NOx濃度

広域大気質予測モデルCMAQによる1) 2000年ベースケース4月の東京都心（東京都千代田区神田司町）の大気中NO、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>濃度の推計結果を図7に示す。それによると、モデルはNO<sub>2</sub>濃度を良く再現している。しかしながらO<sub>3</sub>濃度はやや低めであった。これは計算対象領域が日本に限定されており日本の外からの輸送を考慮できていないためと考えられる。春季以外のエピソードは、初夏のNO<sub>2</sub>濃度は高めでありO<sub>3</sub>濃度が低め、冬季は春季と同程度の再現性であった。

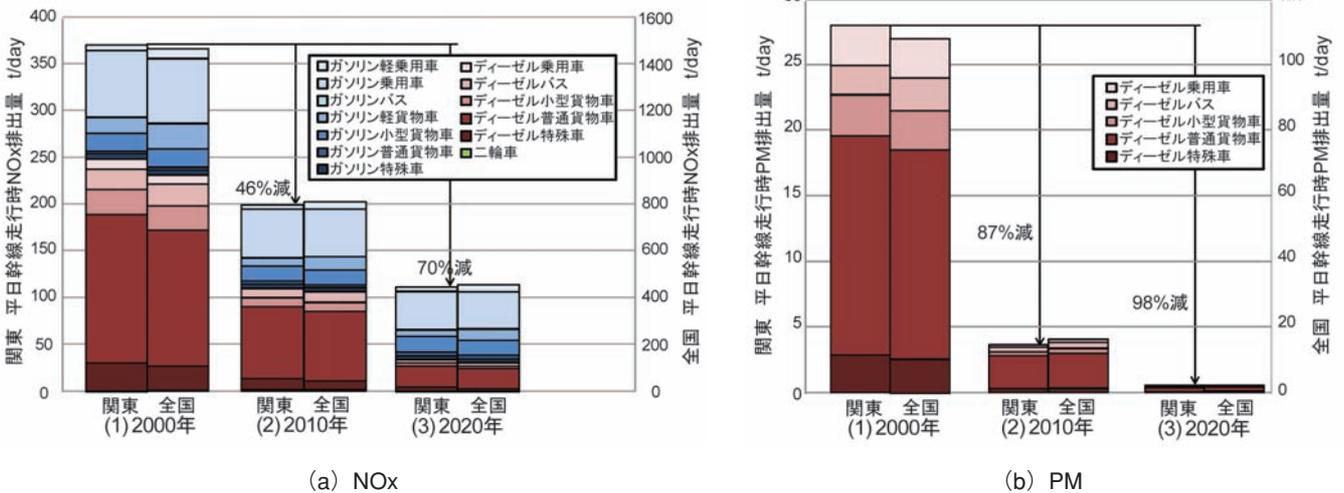


図5 自動車からの排出ガス推計結果

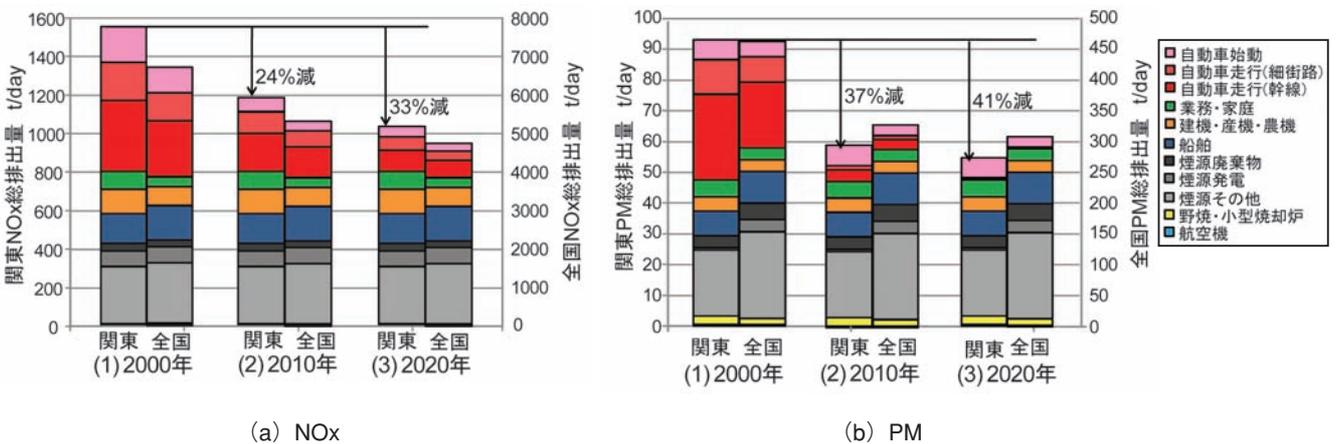


図6 総排出量推計結果

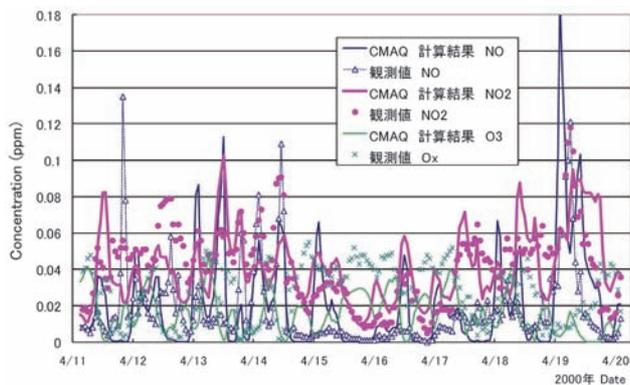


図7 大気中濃度計算結果例 (春季・東京都千代区)

図8に東京都心におけるケーススタディ結果を示す。NO<sub>x</sub>濃度はほぼ排出量の低減に応じた結果となったが、NO<sub>2</sub>濃度の低減は排出量ほどに大きくは現れなかった。NO<sub>2</sub>濃度はケース(1)~(3)の順に低下するが、低下の幅はNO<sub>x</sub>よりも小さい。O<sub>3</sub>はNO<sub>x</sub>排出量が下がるため増加する傾向にある。ただし高濃度のO<sub>3</sub>が問題となる初夏においてはO<sub>3</sub>濃度は微増であった。

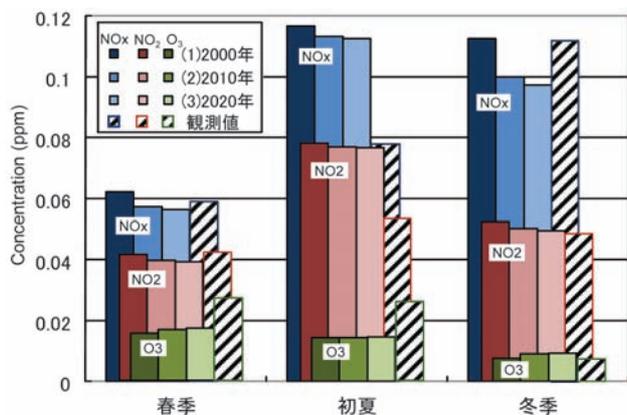


図8 都心におけるNO<sub>x</sub>およびO<sub>3</sub>濃度推計結果

### 3.3 NO<sub>x</sub>・PM法規制地域内外のNO<sub>x</sub>濃度

都心ではNO<sub>2</sub>濃度への効果はNO<sub>x</sub>削減量よりも小さく出ていたが、郊外ではどのようになっているか、NO<sub>x</sub>・PM法地域内外での結果を比較した。NO<sub>x</sub>・PM法規制地域内としてはさいたま市を、NO<sub>x</sub>・PM法地域外としてはモデル領域にはいるようにつくば市を選択した。

図9および図10にさいたま市およびつくば市におけるNO<sub>x</sub>およびNO<sub>2</sub>平均濃度を示す。それによるといずれもNO<sub>x</sub>とNO<sub>2</sub>濃度のどちらも濃度は低減しているが、NO<sub>2</sub>濃度の低減幅は大きくない。O<sub>3</sub>に対する傾向も春季および冬季は微増の傾向がみられるが夏季にはO<sub>3</sub>濃度の増加はみられなかった。以上のように都心以外のNO<sub>x</sub>・PM法規制地域内外においても都心と同様の傾向があることがわかった。なお、さいたま市では冬季のNO<sub>x</sub>濃度再現性が悪い。これは局所的な蓄積によるものと考えられるがモデルでは4kmサイズのグリッドであり、そこまでの再現ができなかったものと考えられる。またつくば市における春季のO<sub>3</sub>濃度には、日本の外からの輸送の影響が都心よりも大きく現れたものと考えられる。

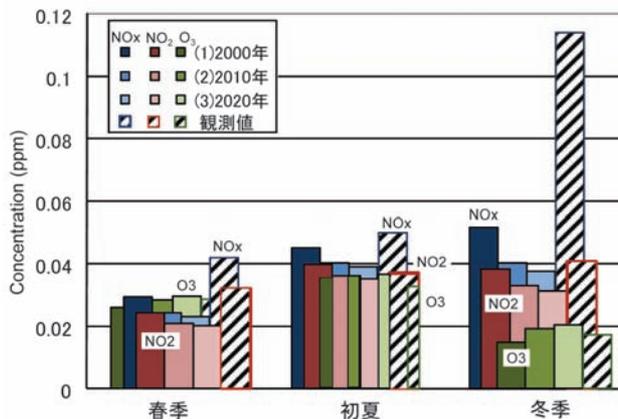


図9 さいたま市におけるNO<sub>x</sub>およびO<sub>3</sub>濃度推計結果

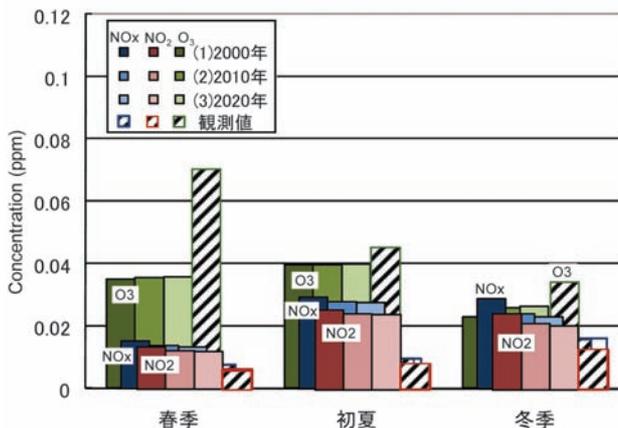


図10 つくば市におけるNO<sub>x</sub>およびO<sub>3</sub>濃度推計結果

#### 4. 考察

NO<sub>x</sub>排出量低減に伴い、NO<sub>x</sub>濃度は都心部で3.5～13.5%減となるものの、NO<sub>2</sub>濃度は2.3～6.1%減と小さいものであった。特に初夏の高濃度NO<sub>2</sub>発生条件では低減率が小さかった。都心においては発生源が集中しており、NO濃度がNO<sub>2</sub>の酸化に主に寄与するO<sub>3</sub>濃度に比較して十分に高いため、生成するNO<sub>2</sub>量がほとんど変わらず、NO<sub>x</sub>低減効果が現れにくい結果となったといえる(図11)。そのためNO<sub>x</sub>排出量の低減を効果的にNO<sub>2</sub>濃度の低下に結びつけるにはO<sub>3</sub>の生成も考慮した総合的な施策が必要であると考えられる。

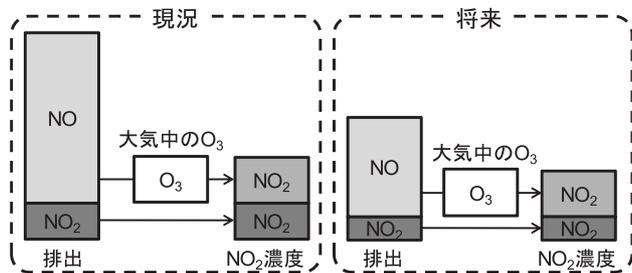


図11 NO<sub>x</sub>の排出と大気中NO<sub>2</sub>濃度

#### 5. 結言

将来の自動車排ガス規制にともなう排出量低減および大気濃度への影響について、JCAPII広域自動車排出量推計モデル大気質予測モデル、広域大気質予測モデルCMAQにより推計した。それらの結果から以下のようなことが明らかとなった。

自動車からのNO<sub>x</sub>排出量は、新長期規制およびポスト新長期規制適合車両への代替により2000年に対して、2010年ではおよそ半減、2020年ではおよそ7割減と大幅に低減する。

車両以外の発生源からの排出量が変わらないものとした場合、2020年のケースでは、一般環境大

気中NO<sub>x</sub>濃度は都心部で3.5～13.5%減となるものの、NO<sub>2</sub>濃度は2.3～6.1%減と小さいものであった。また大気中の広域的なNO<sub>2</sub>濃度は、NO<sub>x</sub>排出量の削減に応じて季節・地域を問わず減少するが、その低減率は小さく、排出量の削減効果が出にくいことがわかった。しかしながら、自動車排ガスの影響を直接受ける幹線道路の近傍などでは、排出ガス低減の効果はより大きく見出されるものと考えられる。

本シミュレーション結果は、自動車からの汚染物質排出量のみに着目したものであり、他の発生源からの変化は推計していない。実際には自動車のみならず、特殊自動車はじめ、船舶など多くの産業界でも規制が進められている。そのため将来の大気中濃度は本推計結果よりも改善されるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) [http://www.pecj.or.jp/japanese/jcap/jcap2/index\\_jcap2.html](http://www.pecj.or.jp/japanese/jcap/jcap2/index_jcap2.html) JCAPII, 大気モデル統合化システムの公開について
- 2) A.Knnari et.al.: Development of multiple-species 1 km x 1 km resolution hourly basis emissions inventory for Japan, Atmospheric Environment, Vol.41, p.3428-3439 (2007)
- 3) 森川多津子: 都市の大気質予測モデルにおけるVOCの実際, 自動車研究, Vol.29, No.12, p.623-627 (2007)
- 4) (財)石油産業活性化センター, 平成16年度技術報告書「CMAQを用いた広域大気汚染解析技術の構築」, PEC-2004-AQ-09, (2005)
- 5) (財)石油産業活性化センター, 平成19年度活動報告書 PEC-2007AQ-06 (2008)
- 6) 森川多津子, 茶谷 聡: NO<sub>2</sub>高濃度日の解析, 第49回大気環境学会年会講演要旨集, p.334 (2008)
- 7) 中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第七次答申)」, 環境省, (2003)
- 8) (財)石油産業活性化センター「エタノール混合ガソリンの国内流通インフラへの影響」, 経済産業省総合資源エネルギー調査会石油分科会燃料政策小委員会資料 (2003)