

<報 文>

名古屋市における大気中窒素酸化物濃度予測と検証*

山神真紀子**・池盛 文数**・高木 恭子**・大場 和生**

キーワード ①二酸化窒素 ②常時監視 ③シミュレーション

要 旨

名古屋市における平成17年度の窒素酸化物排出量調査結果から平成22年度の大気中二酸化窒素濃度を予測するため、平成17年度の大気汚染データ、気象データ、および現況の窒素酸化物排出量データについてモデル化を図り、二酸化窒素濃度(年平均値)の再現が可能なシミュレーションモデルの構築をした。構築したシミュレーションモデルにより、平成22年度の大気汚染物質の予測排出量を用いて、常時監視測定局における平成22年度の大気環境濃度の予測を行った。平成22年度の実測データを用いて予測した大気環境濃度の検証を行った結果、予測値と実測値は20%の範囲内にはほぼ収まっており、構築したシミュレーションモデルの再現性は評価できると考えられる。

1. はじめに

名古屋市における大気中の二酸化窒素濃度は近年低下傾向にあり、環境基準は平成19年度から21年度にかけて、自動車排出ガス測定局の1局を除き達成されている¹⁾。また、名古屋市では環境目標値を「1時間値の1日平均値が0.04 ppm 以下であること」と定めているが、環境目標値の達成率は平成19年度は36%、20年度は62%、21年度は59%である。名古屋市では市内で発生する窒素酸化物排出量の試算を定期的に行っており、直近では平成17年度ベースで試算を行った²⁾。さらに、その試算した窒素酸化物排出量、気象データ、常時監視測定局で測定した大気汚染データをもとにシミュレーションモデルを構築し、各種資料をもとに平成22年度における窒素酸化物排出量の予測、および大気中二酸化窒素濃度の予測を行った³⁾。

そこで本稿では、予測した大気中二酸化窒素濃度が実測値とどの程度一致したか、検証を行った。

2. 方 法

2.1 対象地点と期間

大気中濃度の予測と検証を行う地点は、平成22年度に窒素酸化物濃度を測定していた名古屋市内の常時監視測定局16局(一般環境大気測定局(以下、一般環境局とする)11局、自動車排出ガス測定局(以下、自排局とする)5局)とした。検証対象の常時監視測定局の配置を図1に示す。平成17年度を基準年とし、平成22年度の予測を行った。なお、測定局の位置が特殊で、平成17年度の現況モデルで大気中濃度が再現できなかった自排局1局については、今回の検証の対象外とした。

*Predictive Model and Verification for Nitrogen Dioxide in Nagoya City.

**Makiko YAMAGAMI, Fumikazu IKEMORI, Kyoko TAKAGI, Kazuo OHBA (名古屋市環境科学研究所) Nagoya City Institute for Environmental Sciences

2.2 大気中濃度シミュレーション

現況再現モデルは「窒素酸化物総量規制マニュアル(新版)」⁴⁾に基づいて構築した。シミュレーションモデルの概要を表1に示す。常時監視測定

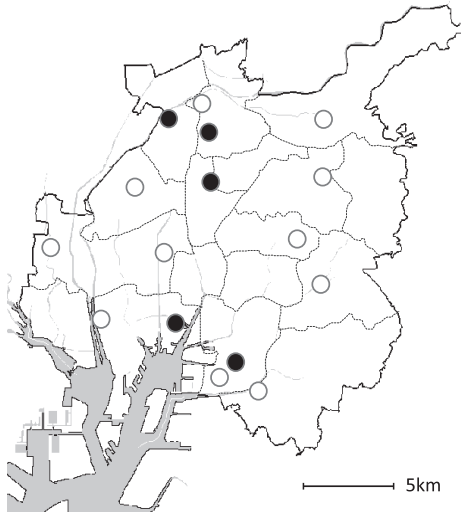


図1 検証の対象とした常時監視測定局の分布(平成22年度)

○：一般環境大気測定局 ●：自動車排出ガス測定局

局のうち、一般環境局におけるシミュレーションには、産総研-曝露・リスク評価大気拡散モデル(AIST-ADMER ver. 2.02)⁵⁾を用いた。また、自排局におけるシミュレーションには、AIST-ADMER ver. 2.02と「かくさんすけっと ver. 4 自動車排ガス拡散機能(JEA 式：環境省モデル)」(日立製)を用いた。自排局のシミュレーションでは、自排局が含まれているグリッドにおいて自動車からの排出量を抜いて ADMER で計算した値をバックグラウンドとし、かくさんすけっとで計算した値を足し合わせて、自排局の濃度とした。

発生源の煙突高の設定は以下のとおりとした。ばい煙発生施設は大規模発生源については実高、それ以外は20 m とし、自動車は平面道路については1.5 m、高架道路については15~18 m、船舶は15 m、群小発生源は8 m とした。

乾性沈着速度は東野ら⁵⁾の値を用いて0.16 (cm・sec⁻¹)とした。湿性沈着として、雨洗による除去である洗浄比も同様に0.29とした。分解係数は、窒素酸化物総量規制マニュアル(新版)⁴⁾の季節別昼夜別変換速度係数から年間平均値を算出して5.76×10⁻⁶(sec⁻¹)とした。

表1 窒素酸化物大気拡散シミュレーションモデルの概要

項目		内容	
発生源対象地域	対象地域	名古屋市	
	周辺地域	愛知県内の市町村(工場・事業場)、名古屋市周辺部(自動車)	
基準年度		平成17年度	
予測地点	測定局	常時監視測定局16局 (一般環境局：11局、自動車排出ガス測定局：5局)	
メッシュ	対象範囲	愛知県 東経：136° 37' 30"-137° 52' 30" 北緯：34° 30' 00"-35° 27' 30"	
	メッシュサイズ	名古屋市：サブグリッド(約1 km × 1 km) 名古屋市以外：グリッド(約5 km × 5 km)	
	計算点	メッシュの中心点	
道路沿道	対象範囲	車道部端から100 m 以内	
	計算点	測定局採取口地点	
気象	風向	16方位+静穏(風速0.4 m/s 以下)	
	風速	6 階級	
拡散計算式	ADMER	面煙源	ブルーム式 バフ式(無風時)
		乾性沈着	0.01836(m/sec)
		洗浄比	0.998
		分解係数	0(1/sec)
	かくさんすけっと	幹線道路	JEA 修正型

気象条件は、平成17年度の現況モデルおよび平成22年度の予測モデルともに、平成17年度のアメダスデータを用いた。

窒素酸化物から二酸化窒素への変換は、統計モデル⁴⁾を用いて二酸化窒素濃度を計算した。測定局ごとの窒素酸化物と二酸化窒素の平成17年度年平均値のプロットと一般環境局、自排局および全局に分けた場合の関係式を図2に示す。平成22年度予測にもこの関係式が成り立つと仮定して、二酸化窒素濃度を推定した。

二酸化窒素の環境基準および環境目標値は、長期的には日平均値の98%値(以下、98%値)で評価するため、シミュレーションにより得られた濃度予測結果を98%値に変換する必要がある。そこで、年平均値と98%値の関係式を、直近の平成17年度から19年度の年平均値と98%値から回帰分析により一次式を推定した。その関係式を図3に示す。平成22年度予測にはこの関係式が成り立つと

仮定して、98%値を推定した。

2.3 平成22年度窒素酸化物排出量予測

平成17年度の排出量は発生源別に、工場・事業場、群小発生源、自動車、船舶に分けて試算し、3次メッシュにまとめたものである²⁾。これらの各種発生源について、平成17年度を基準に平成22年度における伸び率を算出して平成22年度における排出量を算出した。

(1) 工場・事業場

大気汚染防止法に基づくばい煙発生施設設置工場・事業場の原燃料使用量を重油換算した。その推移を図4に示す。平成13年度をピークに緩やかな減少傾向が見られており、平成22年度においてもこの傾向が維持されるものとして原燃料使用量を推定した。

また、施設の更新がおおむね25年周期で行われるものとする、平成22年度には昭和58年以前に設置された施設の更新が見込まれる。既設施設が新設施設に更新されることにより窒素酸化物排出量の15%の改善が見込まれるとして⁶⁾、建て替えによる削減効果を見積もった。

以上のことから、平成17年度に対する平成22年度における窒素酸化物排出量の伸び率を0.842と設定した。

(2) 群小発生源

① 家庭

名古屋市の世帯数は、近年増加傾向にある⁷⁾。平成12年度に対する平成17年度の世帯数比率は1.065であった。国立社会保障・人口問題研究所による、愛知県における将来推計世帯数⁸⁾では、平成12年度に対する平成17年度の世帯数比率は

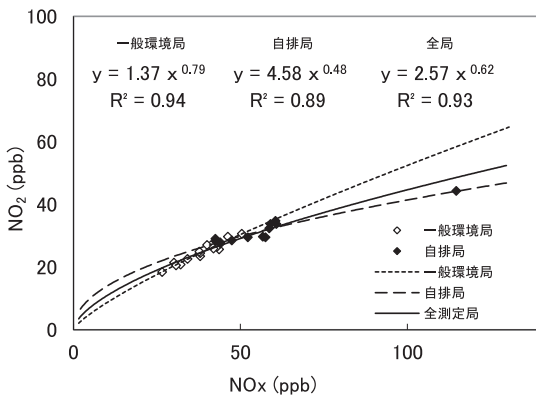


図2 窒素酸化物と二酸化窒素の関係(平成17年度)

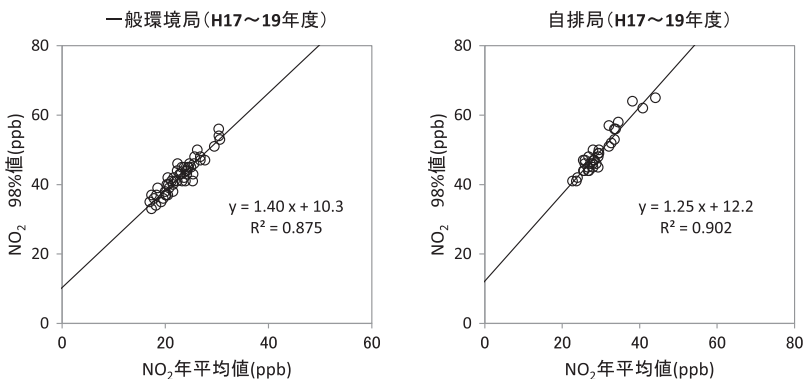


図3 年平均値と日平均値の98%値との関係

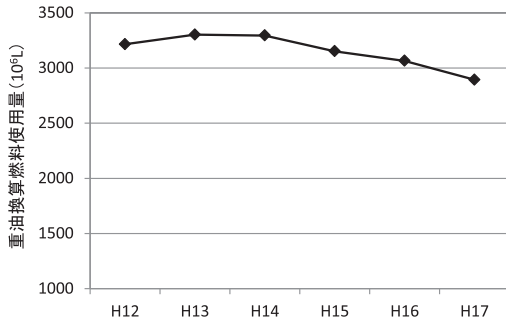


図4 大気汚染防止法に基づくばい煙発生施設設置工場・事業場の原燃料使用量の推移

1.052となっており、同時期の名古屋市における実際の世帯数比率の方が大きくなっている。

そこで、名古屋市における増加分を考慮し、国立社会保障・人口問題研究所による平成17年度から平成22年度における将来推計世帯数により、世帯数の伸び率を1.036と設定した。

② 事業所

経済産業省による業務床面積の推移予測⁹⁾をもとに、平成17年度に対する平成22年度における床面積の伸び率を1.059と設定した。

③ 建設機械

名古屋市の着工建築物工事費予定額は、平成14年度以降大きな変化がなく、横ばい傾向にある⁷⁾。第2次名古屋市地球温暖化防止行動計画¹⁰⁾によると、今後も同様に推移すると推定されている。

平成18年には特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律により、オフロード車について規制が開始された。「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について(第九次報告)」(案)¹¹⁾によると、平成32年度のオフロード車からの窒素酸化物排出量は、平成17年度と比較し、約62%削減されると推定されている。そこで、平均削減率が一定であると仮定し、平成22年度におけるオフロード車からの窒素酸化物排出量は、平成17年度と比較し約21%削減されると推定した。また、建設機械から排出される窒素酸化物の約8割がオフロード車によるものである¹²⁾ことから、平成17年度に対する平成22年度の建設機械から排出される窒素酸化物排出量の伸び率を0.828と設定した。

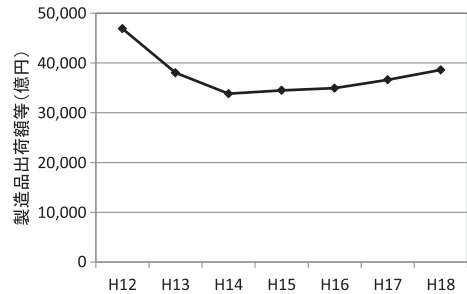


図5 名古屋市における製造品出荷額の推移

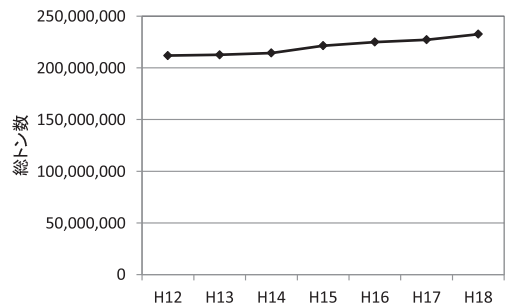


図6 名古屋港入港船舶総トン数の推移

④ 産業機械

名古屋市の製造品出荷額の推移⁷⁾を図5に示す。第2次名古屋市地球温暖化防止行動計画¹⁰⁾によると、平成14年度から平成22年度までの製造業の平均成長率は1.3%と推定されている。

また、オフロード車からの窒素酸化物排出量は、建設機械のオフロード車と同様に推計した。

以上のことから、平成17年度に対する平成22年度の産業機械から排出される窒素酸化物排出量の伸び率を0.881と設定した。

⑤ 農業機械

名古屋市における経営耕地面積は、平成12年から5年間で約25%減少した¹³⁾。平成17年から22年においても同様に推移すると仮定した。

また、オフロード車からの窒素酸化物排出量は、建設機械のオフロード車と同様に推計した。

以上のことから、平成17年度に対する平成22年度の産業機械から排出される窒素酸化物排出量の伸び率を0.597と設定した。

(3) 船 舶

名古屋港入港船舶総トン数の推移を図6に示す。入港船舶総トン数は近年増加傾向にある¹⁴⁾。平成22年までも同様に推移すると仮定して、入港

船舶総トン数伸び率を1.083と設定した。

(4) 自動車

自動車からの排出量は、車種別走行量(走行量 = 交通量 × 区間延長)に車種別排出係数を乗じて推計した。車種別排出係数は、車種別・排出ガス規制年別等排出ガス原単位、車種別・排出ガス規制年別等構成率から設定した。

全国の交通量は、現状から平成32年に向けて微減し、平成32年には平成17年に比べ2.6%減少すると推計している¹⁵⁾。全国交通量と愛知県交通量の推移¹⁶⁾を図7に示す。乗用車の交通量は、全国と愛知県が同様の推移をしているのに対し、貨物車の交通量は、平成16年度以降の愛知県における減少傾向が全国と比べて大きくなっている。そこで、今後の愛知県における乗用車の交通量については、全国の交通量の推移と同様の傾向になると仮定した。一方、貨物車については全国の交通量の推移と傾向が異なることから、今後の愛知県における貨物車の交通量については、愛知県における交通量の推移から普通貨物、小型貨物に分けて推計した。愛知県における普通貨物車交通量の推移を図8に示す。

以上のことから、幹線道路、細街路ともに平成22年度走行量の伸び率を乗用車は0.995、普通貨物は0.815、小型貨物は0.702と設定した。

また、高速道路については「高速自動車国道の将来交通量推計手法説明資料」¹⁷⁾における伸び率を勘案した。平成22年度までに新規供用開始予定

の道路については予測交通量を用いた。

排出ガス規制別構成率は、初度登録年別等登録台数から、新車登録台数、残存率、走行係数を踏まえ、平成22年度の排出ガス規制年別構成率を設定した。残存率は、「大都市地域における大気環境の保全に関する政策評価」¹⁸⁾の車種別残存率を用いた。廃車された自動車は、同車種に買い替えられるものとした。

また、自動車 NOx・PM 法の車種規制により、貨物自動車等は買い替えられることが予想される。普通貨物、小型貨物、乗合、乗用について、初度登録年別使用可能年数をまとめ、使用期限がきた車種は規制適合の新車に切り替えられるものとして、排出ガス規制別構成率を算出した。

以上のことから、平成22年度における車種別年度別排出係数を算出した。

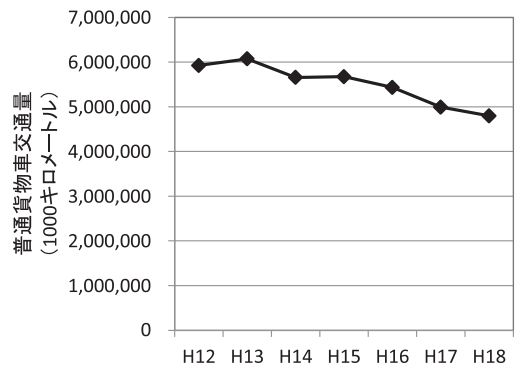


図8 愛知県における普通貨物車交通量の推移

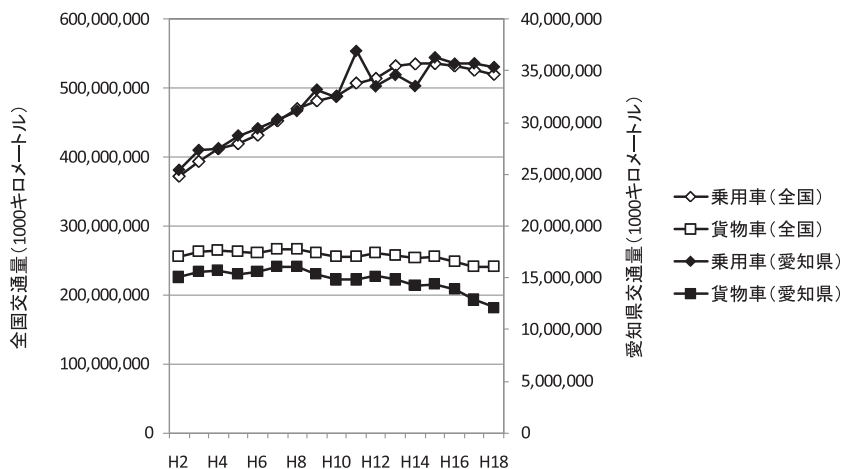


図7 全国交通量と愛知県交通量の推移

3. 結果と考察

3.1 平成22年度窒素酸化物排出量予測結果

算出した平成22年度および基準年度におけるNOx排出量の発生源別寄与率を図9に示す。平成22年度のNOx総排出量は、基準年度の12,200tと比較して約30%減少し、年間約8,900tと推計された。減少した3,300tのうち自動車からのNOx排出量の減少が2,500tともっとも大きく、全体の75%を占めた。その結果、平成22年度における発生源別寄与率は、自動車と建設機械等が並び28%を占め、次いで工場・事業場の22%、船舶の10%となった。

3.2 大気中濃度の予測

推定した平成22年度窒素酸化物排出量から大気中NOx濃度年平均値を予測し、図2の関係式を用いて大気中NO₂濃度年平均値を求めた。予測した大気中NO₂濃度年平均値の分布を図10に示す。また、図3の関係式からNO₂濃度の日平均値の98%値を求めた。

予測した大気中NO₂濃度年平均値の分布は、名古屋市内の中央部および南部で高濃度となる分布を示した。一般環境局11局では平成17年度平均値24ppbが、平成22年度には平均20ppbに低下すると予測し、自排局5局では平成17年度平均値33ppbが、平成22年度には平均28ppbに低下すると予測した。

一方、NO₂年98%値も低下すると予測され、名古屋市が定める環境目標値である40ppbを超過する測定局は、平成17年度は16局中14局であるの

に対し、平成22年度には16局中6局と予測した。

3.3 予測濃度と実測値の比較

平成22年度のNO₂濃度予測値と実測値¹⁾の比較を図11に示す。

NO₂年平均値は、全体的に予測値よりも実測値が低くなっており、一般環境局11局平均では予測値20ppbに対し実測値は17ppb、自排局5局平均では予測値28ppbに対し実測値は23ppbであった。しかし、実測値は予測値の20%の変動の範囲内にほぼ収まっており、窒素酸化物総量規制マニュアル⁴⁾の計算値と実測値の整合性の判定条件を適応すると、もっとも整合性が高いAランクに分類された。

一方、NO₂年98%値も、全体的に予測値よりも

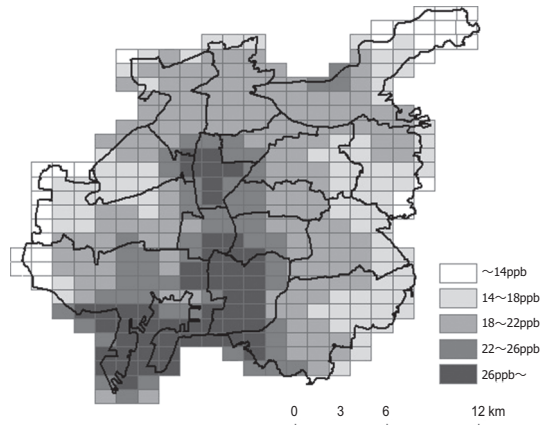


図10 平成22年度における大気中NO₂濃度年平均値の予測分布

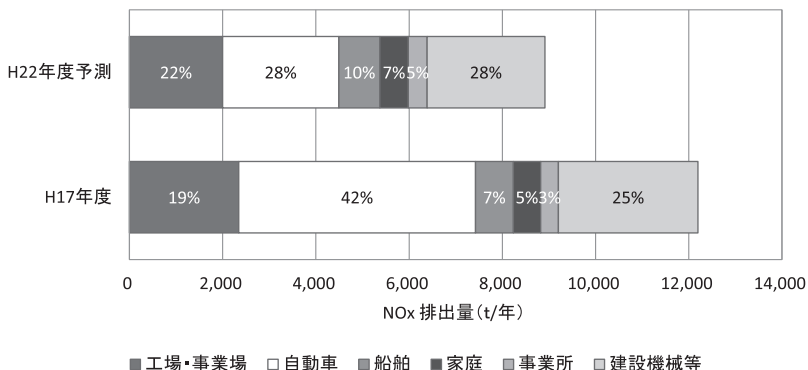
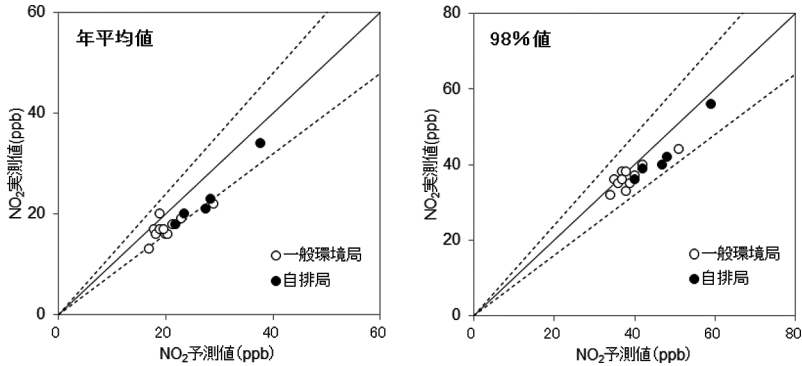


図9 基準年度(平成17年度)におけるNOx排出量発生源別寄与率および平成22年度における推定NOx排出量発生源別寄与率

注：それぞれの寄与率は四捨五入しているため、合計が100%とならない場合がある

図11 平成22年度 NO₂濃度予測値と実測値の比較

左：年平均値，右：98%値

実測値がやや低めであった。名古屋市が定める環境目標値は、16局中6局で達成されないと予測したが、実測値ではその内の3局で達成されなかった。しかし、実測値は予測値の20%の変動の範囲内にはほぼ収まっており、窒素酸化物総量規制マニュアル⁴⁾の計算値と実測値の整合性の判定条件を適応すると、もっとも整合性が高いAランクに分類された。

全体的に予測値よりも実測値が低くなった原因としては、実際のNO_x排出量が予測よりも少なかった可能性が考えられる。排出量の推定は、各発生源からのNO_x排出量の経年変動が、今後も同じ傾向で推移すると仮定して算出している。しかし、実際には平成19年頃のサブプライムローン問題や、その後リーマンショックなど、大きな経済不況が起きた影響により、NO_x排出量が予測よりも低下した可能性が考えられる。

たとえば、図5の名古屋市中における製造品出荷額の推移では、平成22年には4兆円を超える出荷額を予測していたが、実際には平成20年から出荷額が低下し、平成21年は3.1兆円となり、この時点で産業機械からのNO_x排出量は予測値より21%低くなっていた。また、図6の名古屋港入港船舶総トン数の推移では、平成22年には240,000,000トンを超える入港船舶総トン数を予測していたが、実際には平成20年から総トン数が低下し、平成22年は約230,000,000トンとなり、船舶からのNO_x排出量は予測値より6%低くなっていた。

このように突発的な事象には対応できないもの

の、全体としての予測値と実測値の整合性は取れており、構築したシミュレーションモデルの再現性は評価できると考えられる。

4. ま と め

名古屋市中における平成17年度の窒素酸化物排出量調査結果から平成22年度の大気中二酸化窒素濃度を予測するため、平成17年度の大気汚染データ、気象データ、および現況の窒素酸化物排出量データについてモデル化を図り、二酸化窒素(年平均値)の再現が可能なシミュレーションモデルの構築をした。構築したシミュレーションモデルにより、平成22年度の大気汚染物質の予測排出量を用いて、常時監視測定局における平成22年度の大気環境濃度の予測を行った。平成22年度の実測データを用いて予測した大気環境濃度の検証を行った結果、全体的に予測値よりも実測値がやや低めであるものの、予測値と実測値は20%の範囲内にはほぼ収まっており、構築したシミュレーションモデルの再現性は評価できると考えられる。

— 参 考 文 献 —

- 1) 名古屋市環境局；平成22年度大気環境調査報告書(2011)
- 2) 名古屋市環境局；窒素酸化物・粒子状物質排出量調査報告書(2008)
- 3) 名古屋市環境科学研究所；大気環境シミュレーション結果(窒素酸化物)報告書(2009)
- 4) 公害研究対策センター窒素酸化物検討委員会；窒素酸化物総量規制マニュアル(新版)(2000)
- 5) 東野晴行，北林興二，井上和也，三田和哲，米澤義堯；曝露・リスク評価大気拡散モデル(ADMER)の開発，大気環境学会誌，38(2)，100-115(2003)

