

平成24年2月15日

窒素酸化物将来予測結果について

<目次>

1 概要	3
2 窒素酸化物排出量(現況、単純将来)算定結果.....	3
2.1 対象となる物質	3
2.2 対象となる地域	4
2.3 対象となる年度	4
2.4 対象となる発生源.....	4
2.5 将来排出量算定(単純将来)の考え方	7
2.6 窒素酸化物排出量の算定結果	8
3 異常年検定.....	10
4 現況再現シミュレーション.....	12
4.1 対象年度.....	12
4.2 計算点.....	12
4.3 気象モデルの構築.....	14
4.4 発生源モデル.....	18
4.5 拡散式.....	19
4.5.1 NO ₂ 濃度の推計方法	20
4.5.2 NO ₂ 日平均値の年間98%値の推計方法.....	23
4.6 シミュレーションの整合性の評価.....	25
4.6.1 シミュレーションモデルの整合性の評価方法.....	25
4.6.2 シミュレーションモデルの整合性の評価結果.....	26
4.7 現況年度のシミュレーション結果.....	28
4.7.1 測定局濃度の再現結果	28
4.7.2 メッシュ濃度分布の再現結果.....	33
5 単純将来シミュレーション.....	40
5.1 概要	40
5.2 単純将来の予測結果(平成27年度、平成32年度)	41
5.2.1 測定局濃度の予測結果	41
5.3 メッシュ濃度分布の予測結果.....	49

6 発電ボイラー及びガスタービン等に係る施策の効果	51
6.1 大気汚染防止法における排出基準	51
6.2 排出量算定結果	52
6.3 将来シミュレーション結果	53
6.3.1 測定局濃度の予測結果	53
6.3.2 メッシュ濃度分布の予測結果.....	60
7 東日本大震災後の電力供給体制の変化による影響	61
7.1 排出量の見積もり.....	61
7.1.1 電力供給不足を補う火力発電の増加	61
7.1.2 東京電力の緊急設置電源の稼働.....	62
7.1.3 自家発電設備(常用)の利用.....	62
7.1.4 自家発電設備(非常用)の利用	62
7.2 排出量算定結果	62
7.3 将来シミュレーション結果	63
7.3.1 測定局濃度の予測結果	63
7.3.2 メッシュ濃度分布の予測結果.....	70
8 二酸化窒素濃度に対するオゾンの影響	71
8.1 将来オゾン濃度の変化.....	71
8.2 将来シミュレーション結果	73
8.2.1 測定局濃度の予測結果	73
8.2.2 メッシュ濃度分布の予測結果.....	80

1 概要

本資料は、下記に係る検討結果を整理した。

- ・ 排出量算定結果(現況、単純将来)
- ・ 異常年検定
- ・ 現況再現シミュレーション結果
- ・ 単純将来シミュレーション結果
- ・ 発電ボイラー及びガスタービン等に係る施策の効果
- ・ 将来濃度の不確実性等についての検討

2 窒素酸化物排出量(現況、単純将来)算定結果

今後の窒素酸化物対策を検討するシミュレーションを実施するにあたり、千葉県及びその周辺地域の大気汚染物質の発生源から排出される窒素酸化物の量(排出量)を把握する必要がある。

窒素酸化物の排出量は、対象とする発生源からいつ・どこから・どれだけの量が出ているのかを算定して整理したもので、大気汚染シミュレーションにより現況の大気環境の濃度再現性を確認すると共に、測定局がない地域における濃度状況を推定するために利用するものである。

対象とする発生源について選定を行い、それぞれの発生源からの排出量の算定方法について整理し、その方法に基づいて排出量の算定を行った。

2.1 対象となる物質

窒素酸化物(NO_x)とは、一酸化窒素(NO)や二酸化窒素(NO_2)などの窒素の酸化物の総称のことである。大気汚染においては、物質が燃焼するときに発生する一酸化窒素(NO)と二酸化窒素(NO_2)を対象として、一般環境濃度の監視や、規制を行っている。本調査において算定する排出量についても、一酸化窒素(NO)と二酸化窒素(NO_2)を対象とし、これらの物質を総称して窒素酸化物(NO_x)と呼ぶ。

$$\text{窒素酸化物}(\text{NO}_x) = \text{一酸化窒素}(\text{NO}) + \text{二酸化窒素}(\text{NO}_2)$$

本調査では、燃焼を起源とする窒素酸化物を対象とし、排出量を算定した。

2.2 対象となる地域

本調査では、千葉県から排出される窒素酸化物の量について算定を行った。周辺の都県から排出される窒素酸化物については、東京都¹や JATOP²(Japan Auto-Oil Program)が独自に算定した排出量を用いることとした。

表 2-1 排出量を算定する地域

地域	対象地域	備考
対象地域	千葉県全域	本調査で算定
周辺地域	東京都	東京都より提供
	神奈川県、埼玉県、茨城県	JATOP より提供

2.3 対象となる年度

本調査では、現状及び将来における千葉県及び周辺地域で発生する大気汚染物質の排出量を算定した。現況年度を平成 20 年度、中間年度を平成 27 年度、目標年度を平成 32 年度とした。現況年度については、排出量の算定に必要な排出量データや各種の統計資料の最新のデータが公表されており、精度よく排出量算定するためにこの年度を対象とした。

大気汚染の改善目標とする年度は平成 32 年度とし、現況と目標年度の中間に中間年度として平成 27 年度を設定した。

表 2-2 排出量を算定する年度

	対象年度
現状	平成 20 年度
中間年度	平成 27 年度
目標年度	平成 32 年度

2.4 対象となる発生源

本調査では、燃焼により窒素酸化物を排出する施設、機械、行為などを総称して発生源と呼んでいる。

窒素酸化物の発生源には表 2-3 のようなものがある。

工場・事業場には、多くの燃焼施設が設置され、稼動している。このような施設を、大気汚染防止法ではばい煙発生施設と言い、その例としてボイラー、加熱炉などがある。これらの施

¹東京都が、平成 20 年度を現況として、窒素酸化物などの大気汚染物質の排出量を算定している。本調査では、東京都よりこの排出量データの提供を受けた。

² (財)石油産業活性化センターでは、経済産業省の支援を受け、1997 年度から自動車排出ガス低減による大気改善を主要な課題として「Japan Clean Air Program(JCAP)」を石油業界及び自動車業界と共同で実施してきた。2007 年度より JCAP をさらに発展させる形で、新しいプロジェクト JATOP (Japan Auto-Oil Program)を5年計画で開始した。このプロジェクトにおいて、排出量を算定するシステム(G-Beams:Georeference-Based Emission Activity Modeling System)を作成し公表されている。このシステムにより算定された 2005 年の関東地域の排出量の提供を受けた。

設は、重油、軽油、都市ガス、LPG、コークス、廃棄物などを燃焼し窒素酸化物を排出しており、窒素酸化物は煙突から排出されることがほとんどである。

一般家庭では、家庭で利用されるガスコンロ、暖房器具、給湯器などの燃焼器具が対象となる。燃料としては、都市ガス、LPガス、灯油がある。

自動車は、高速道路や国道などの幹線道路を走行する自動車と、これら以外の道路を走行する自動車を対象となる。自動車は、車種、燃料、エンジン、年式、後処理装置、規制適合年度、積載量、走行速度により排出する窒素酸化物量が異なるため、これらを加味して排出量を算定した。

船舶は、東京湾内を航行し、東京湾内の港湾施設を利用する船舶が、航行する際に使用する主ボイラーや主機ディーゼル機関、航行以外の目的で使用される補助ボイラー・補機ディーゼルなどが対象となる。補助ボイラー等は、荷役動力、積荷冷凍・冷却・加熱、厨房・照明等の電力用として使用されている。

航空機は、空港内で待機・移動、空港から離陸・着陸する際の窒素酸化物排出量を算定した。

群小発生源(小規模ボイラー)は、工場・事業場で対象とならなかった小規模な燃焼施設を対象としている。燃料としては、都市ガス、LPガス、灯油、軽油、重油などを利用している施設となる。なお、ここでは小規模ボイラーとしているが、ボイラー以外の設備も対象となる。

群小発生源(小型焼却炉)は、工場・事業場で対象とならなかった家庭や工場・事業場に設置されている小型の焼却炉が対象となる。

建設機械類は、工事現場などで稼動する建設機械(バックホウ、ブルドーザ、トラクタショベルなど)が対象で、作業に伴い排出する窒素酸化物を算定する。農業機械は、トラクタ、コンバイン、耕運機が対象であり、農作業に伴う排出を対象とする。産業機械は、フォークリフトが対象となり、荷物運搬など施設内での作業に伴う排出が対象である。

隣接都県は、東京都、埼玉県、茨城県、神奈川県からこれらの発生源を対象に排出量を把握した。

表 2-3 対象とした発生源区分と対象発生源

No	発生源区分		対象発生源
①	工場・事業場		工場・事業場に設置されたばい煙発生施設
②	一般家庭		一般家庭で使用される燃焼器具
③	自動車	幹線道路	幹線道路を走行する自動車
		細街路	細街路を走行する自動車
		冷温始動増分	コールドスタート時の排出量増分
④	船舶	係留船舶	千葉港、木更津港に係留される船舶
		航行船舶	千葉港、木更津港に入港・出航する航行船舶
		漁船	千葉県内の漁港を利用する漁船
⑤	航空機		成田国際空港を離発着する航空機
⑥	群小発生源	小規模ボイラー	事業所に設置された小型ボイラー等の燃焼器具
		小型焼却炉	家庭・事業所の小型焼却炉
⑦	建設機械類	建設機械	油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダ等の建設機械
		産業機械	フォークリフトなどの産業機械
		農業機械	トラクタ、コンバイン、耕耘機などの農業機械
⑧	隣接都県		茨城県、埼玉県、東京都、神奈川県の上記発生源

2.5 将来排出量算定(単純将来)の考え方

将来の窒素酸化物の濃度を予測するために、将来の窒素酸化物の排出量がどのように変化していくかを予測する必要がある。

現在の施策が継続して実施され、新たな規制等の施策を実施しない場合でも、エネルギー需要の変化や人口の変化に従い窒素酸化物排出量は変化する。このような人口の自然減、エネルギー需要の変化に応じた将来像を単純将来と呼ぶこととする。

なお、最新規制自動車の普及などの窒素酸化物排出が少ない機器への代替は確実に進むことが予測されることから、単純将来には、このような自然代替についても含んで考えることとする。

エネルギー需要や人口の変化、自然代替に伴う排出量変化の推計においては、国や研究機関が実施している将来推計を参考に変化率を検討し、本調査に適用した。単純将来排出量の推計方法を表 2-4 に示す。

なお、将来の二酸化窒素の不確実性を及ぼす要因とその影響は、「7 東日本大震災後の電力供給体制の変化による影響」「8 二酸化窒素濃度に対するオゾンの影響」で検討している。

表 2-4 単純将来排出量の推計の概要

発生源	単純将来で考慮する内容
工場・事業場	現状規制の維持 平成 21 年度以降の新設・変更・廃止 今後の生産計画
一般家庭	世帯数の変化
自動車	単体規制・車種規制の継続 新型車への自然代替 交通量の変化
船舶	貨物量の増加 新規制船への自然代替
航空機	発着枠の拡大 航空機の構成の変化
漁船	漁船数の変化
群小発生源(小規模ボイラー)	エネルギー需要の変化
群小発生源(小型焼却炉)	人口の自然減 ごみ量の減少
建設機械類	新車への自然代替

2.6 窒素酸化物排出量の算定結果

現況(平成 20 年度)、単純将来(平成 27 年度、平成 32 年度)の窒素酸化物の年間排出量を算定した。この結果を表 2-5、図 2-1 に示す。この集計値は、船舶の千葉港・木更津港を利用する船舶の港湾区域外の航行時の排出量と成田国際空港を離着陸する航空機の茨城県上空の排出量も含んでいる。

工場事業場は、単純将来においては、現行施設の変更及び建替え、並びに新規施設の設置などにより排出量が増加する推計となった。これらの排出量は、ばい煙発生施設の設置(変更)届出書により届け出られた NO_x濃度と排ガス量を用いて排出量を算定している。届出値は、通常運転時の NO_x濃度より高く、排ガス量が多い傾向がみられ、実態よりも過大に見積もる可能性がある。一般家庭は世帯数の増加に伴い排出量が増加する。自動車については、走行量の減少と最新規制車への代替が進むことにより排出量は半減する。船舶については、船舶数は増加するものの、最新規制船が導入されることにより排出量は減少する結果となった。航空機は、航空機の小型化が進んでいくが、離発着数の増加により排出量は増加する。小型ボイラーは、使用燃料の A 重油は減少するが、LPG 及び天然ガスの増加により全体では増加傾向となった。小型焼却炉は廃棄物の減少に伴い、排出は減少し、建設機械類は最新規制機械への代替により排出量は大きく減少する見込みである。

表 2-5 発生源区分別 NOx排出量集計結果

No	発生源区分		NOx排出量(トン/年)		
			平成 20 年度	平成 27 年度	平成 32 年度
①	工場・事業場		41,944	45,309	45,204
②	一般家庭		1,770	1,841	1,859
③	自動車	幹線道路	7,420	4,727	3,396
		細街路	4,352	2,770	2,029
		冷温始動増分	2,186	1,156	769
④	船舶	係留船舶	3,071	2,984	2,773
		航行船舶	6,352	6,048	5,541
		漁船	2,083	2,009	1,957
⑤	航空機		2,091	2,630	3,214
⑥	群小発生源	小規模ボイラー	2,897	2,727	2,889
		小型焼却炉	159	155	146
⑦	建設機械類	建設機械	3,904	2,499	1,913
		産業機械	4,346	2,782	2,130
		農業機械	403	258	198
合計			82,978	77,894	74,016

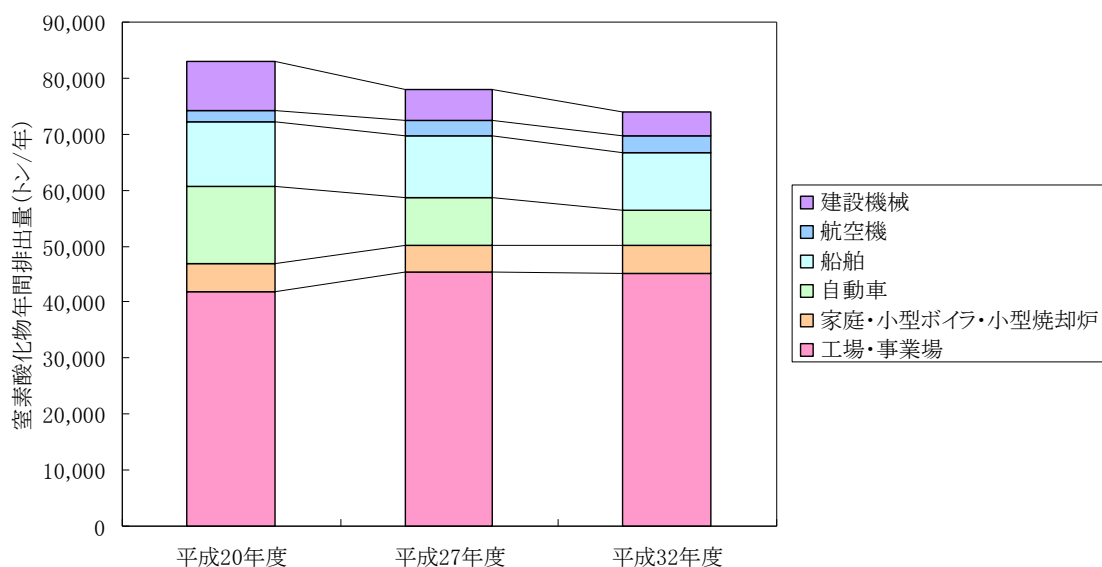


図 2-1 発生源区分別 NOx排出量集計結果

3 異常年検定

現況再現シミュレーションを実施する平成 20 年度の気象状況が平均的な年であったかどうかを確認するために統計的な手法(異常年検定)を用いて確認を行った。

異常年検定は、「窒素酸化物総量規制マニュアル(新版)(公害研究対策センター)」に従った。異常年検定とは、検定対象年に対して他の 10 年を基準にした F 検定を行い、検定対象年が他の 10 年と比較して異常か否かを判定する方法である。

本調査では現況年度の平成 20 年度が気象的に前の 10 年間に比べ差がないことを確認するために、異常年検定を行った。対象とした測定地点は気象庁官署である千葉測候所(現:千葉特別地域気象観測所)とした。

異常年検定は、平成 20 年度(平成 20 年 4 月～平成 21 年 3 月)の風向出現頻度及び風速階級別出現頻度について行った。

千葉測候所の平成 20 年度(2008 年度)の風向・風速の異常年検定結果を表 3-2 及び表 3-3 に示す。この結果、平成 20 年度は、いずれの項目でも異常値ではなく、過去 10 年度間と比べても平均的な年であった。

表 3-1 異常年検定の内容

項目	内容
測定地点	千葉県測候所
検定項目	風向別出現率 風速階級別出現率
検定年	平成 20 年度
統計年	平成 10～19 年度

表 3-2 風向別出現頻度の異常年検定結果(検定年=平成 20 年度、千葉測候所)

風向	統計年度													検定年	F0	判定(○;採択 ×;棄却)			棄却限界 (5%)	
	平成 10 年度	平成 11 年度	平成 12 年度	平成 13 年度	平成 14 年度	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平均	S	平成 20 年度			F(5%)	F(2.5%)	F(1%)	上限	下限
	5.12	7.21	10.56	上限	下限															
静穏	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.3	0.4	0.1	0.11	0.1	0.00	○	○	○	0.41	0.00	
NNE	14.0	11.6	12.2	11.6	14.5	11.7	10.4	12.0	13.4	12.1	12.3	1.24	14.5	2.45	○	○	○	15.45	9.23	
NE	9.4	7.2	7.7	9.5	10.6	10.6	8.4	10.3	10.3	10.1	9.4	1.23	10.6	0.77	○	○	○	12.50	6.33	
ENE	7.0	5.9	6.3	7.4	8.0	8.5	7.8	7.4	6.8	6.4	7.1	0.81	6.4	0.60	○	○	○	9.18	5.11	
E	5.5	4.3	4.2	5.1	4.3	5.8	4.9	5.1	5.8	4.9	5.0	0.60	4.8	0.10	○	○	○	6.51	3.49	
ESE	5.9	5.0	5.0	5.8	4.3	5.3	5.0	5.8	7.4	4.8	5.4	0.86	6.4	1.07	○	○	○	7.57	3.28	
SE	4.8	5.0	4.7	4.8	3.8	4.6	3.7	5.1	5.6	3.9	4.6	0.62	4.9	0.20	○	○	○	6.15	3.03	
SSE	3.3	3.3	3.7	3.1	2.3	3.2	3.7	2.9	3.2	3.8	3.2	0.44	4.0	2.15	○	○	○	4.34	2.14	
S	4.3	5.3	4.7	3.4	3.2	4.0	5.4	3.7	3.0	4.4	4.1	0.82	3.9	0.04	○	○	○	6.19	2.09	
SSW	3.0	4.0	3.0	2.4	3.1	2.7	3.8	2.1	2.7	3.0	3.0	0.58	2.1	1.83	○	○	○	4.43	1.51	
SW	7.2	10.1	8.3	7.5	8.9	8.2	10.0	8.2	5.7	8.1	8.2	1.29	5.7	3.01	○	○	○	11.43	4.99	
WSW	6.4	6.3	7.5	7.9	6.5	6.1	6.7	7.1	5.2	7.6	6.7	0.82	6.5	0.05	○	○	○	8.77	4.67	
W	3.6	3.2	3.6	4.4	4.1	3.9	4.1	4.6	3.8	4.5	4.0	0.46	3.5	0.88	○	○	○	5.13	2.82	
WNW	1.4	1.4	1.6	2.1	1.5	1.5	1.7	1.9	1.7	1.8	1.7	0.24	1.6	0.14	○	○	○	2.24	1.06	
NW	4.0	5.2	3.9	4.7	4.2	5.2	4.5	5.7	5.3	6.0	4.9	0.72	6.5	4.10	○	○	○	6.66	3.08	
NNW	11.2	12.5	12.4	11.5	12.1	10.6	12.1	10.7	11.5	11.9	11.7	0.69	11.1	0.47	○	○	○	13.38	9.92	
N	9.1	9.7	11.1	8.6	8.7	8.1	7.7	7.2	8.3	6.5	8.5	1.29	7.3	0.73	○	○	○	11.74	5.28	
欠測	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.8							
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	—	100.0							

表 3-3 風速階級別出現頻度の異常年検定結果(検定年=平成 20 年度、千葉測候所)

風速	統計年度													検定年	F0	判定(○;採択、 ×;棄却)			棄却限界 (5%)	
	平成 10 年度	平成 11 年度	平成 12 年度	平成 13 年度	平成 14 年度	平成 15 年度	平成 16 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平均	S	平成 20 年度			F(5%)	F(2.5%)	F(1%)	上限	下限
	5.12	7.21	10.56	上限	下限															
0~0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.3	0.3	0.4	0.1	0.11	0.1	0.00	○	○	○	0.4	0.0	
0.3~0.9	2.9	2.1	2.3	2.8	3.0	2.4	2.9	3.2	3.3	3.3	2.8	0.43	2.9	0.05	○	○	○	3.9	1.8	
1.0~1.9	12.3	9.7	11.1	14.5	13.6	12.5	13.5	14.4	16.1	15.1	13.3	1.91	15.3	0.92	○	○	○	18.1	8.5	
2.0~2.9	20.2	18.1	19.9	22.0	21.9	21.4	19.2	22.2	24.5	22.3	21.2	1.85	25.1	3.65	○	○	○	25.8	16.5	
3.0~3.9	21.9	20.3	22.2	20.6	19.8	21.1	17.7	20.5	20.6	19.9	20.4	1.25	20.6	0.01	○	○	○	23.6	17.3	
4.0~5.9	25.6	27.0	25.6	23.3	22.2	25.4	25.3	24.0	21.7	24.3	24.4	1.64	23.5	0.25	○	○	○	28.5	20.3	
6.0~7.9	9.7	12.8	11.3	9.4	9.9	9.3	12.5	9.3	8.1	9.6	10.2	1.51	8.0	1.76	○	○	○	14.0	6.4	
8.0~	7.4	10.0	7.6	7.3	9.5	7.7	8.9	6.1	5.4	5.3	7.5	1.61	4.5	2.89	○	○	○	11.6	3.5	
欠測	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.8							
計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	—	100.0							