

報告

東京湾上の窒素酸化物濃度

伊藤 政志 宇田川 満 早福 正孝

1 はじめに

大都市における二酸化窒素（以下、「 NO_2 」と記する。）の高濃度汚染が、環境基準の達成と関連して重要な問題となっている。自動車排出ガス及び固定発生源に対する窒素酸化物（以下、「 NO_x 」と記する。）排出量の段階的規制が実施され、また、東京都、大阪府、神奈川県では NO_x の総量規制が昭和57年度から実施されてきた。

東京都における NO_2 の年平均濃度は、年度ごとに増減はあるものの、昭和53年度以降は大勢としては減少傾向にあったが、昭和61年度、62年度はやや増加し、その後は横ばいである。平成元年度の都内の一般環境大気測定局では、35局中17局で環境基準を達成し、自動車排出ガス測定局では、30局中3局が環境基準を達成した。

発生源から排出される NO_x のうち大部分（80～90%）が、一酸化窒素（以下、「 NO 」と記する。）であるので、 NO_2 の汚染メカニズム解明のためには、 NO から NO_2 の酸化機構を把握することが重要である。また、 NO_2 の環境基準を超えるような場合は、弱風時で気温逆転層が発達し、かつ海陸風の交替があるような気象条件の日が多い。従って、 NO_2 の高濃度汚染を問題にする場合、海上の NO_x やオゾン（以下、「 O_3 」と記する。）濃度の汚染状況を把握することが重要である。

本報告は、東京湾上の東京灯標において、 NO_x 、 O_3 の測定を行った結果を報告する。

2 調査方法

1981年より1985年までの4年間にわたって、東京湾上の大気汚染状況を把握するため、海上保安庁の東京灯標（羽田空港から東方約7 km、13号埋立地より南へ約10 km）において、自動測定機によって汚染物質の連続測定を行った。測定項目は以下のとおりである。

NO_x (NO , NO_2) ……ケミカルルミネッセンス法

O_3 ……紫外線法（夏季のみ）

炭化水素（メタン及び非メタン） ……水素炎化イオン

これらの測定データを2分毎の瞬間値をデータロガーに記録し、解析には、1時間平均値を原データとして用い1984年1年間のデータを対象とした。

3 結果と考察

(1) NO , NO_2 の測定結果の概要

灯標における NO_x 汚染の状況については、宇田川¹⁾の報告があるが、それによれば、夏季の特徴は、 NO_x 中に占める NO_2 の割合は、80%を超え、発生源の比較的少ない多摩測定局と似ていること、 NO は早朝に若干高くなること等が明らかにされている。今回は1年間のデータを扱ったが、ほぼ同様の結果となっている。東京湾に近い位置にある一般環境大気測定局は、晴海、糀谷、品川の3局あるが、これらの位置関係を図1に示す。また、これらの測定局と灯標の NO_x 濃度を比較したものを表1に示してある。灯標の汚染水準は、陸上の各測定局とほぼ同様である。 NO_2/NO_x の比率をみると、陸上の測定局では、光化学反応の盛んな夏季は、 $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ の

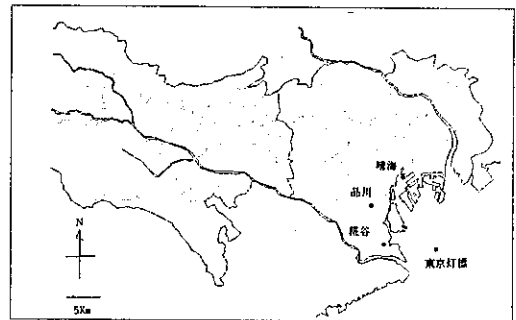


図1 測定地点配置図

表1 NO_x濃度比較

| | | 1984年 単位 PPb | | | | | | | |
|----|-----------------|--------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|--|
| | | 灯 標 | | 晴 海 | | 糶 谷 | | 品 川 | |
| 月 | NO ₂ | NO | NO ₂ | NO | NO ₂ | NO | NO ₂ | NO | |
| 1 | 49 | 18 | 41 | 48 | 37 | 55 | 34 | 37 | |
| 2 | 33 | 21 | 37 | 32 | 35 | 34 | 31 | 22 | |
| 3 | 44 | 22 | 38 | 29 | 33 | 32 | 37 | 24 | |
| 4 | 33 | 20 | 31 | 18 | 28 | 19 | 24 | 12 | |
| 5 | 31 | 11 | 26 | 13 | 23 | 11 | 21 | 9 | |
| 6 | 29 | 15 | 25 | 18 | 23 | 13 | 21 | 10 | |
| 7 | — | — | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 12 | |
| 8 | 28 | 16 | 26 | 19 | 22 | 17 | 17 | 8 | |
| 9 | 29 | 15 | 30 | 16 | 27 | 18 | 27 | 13 | |
| 10 | 33 | 12 | 34 | 27 | 36 | 36 | 29 | 23 | |
| 11 | 26 | 23 | 48 | 57 | 47 | 74 | 45 | 57 | |
| 12 | 1 | — | 46 | 68 | 45 | 90 | 43 | 70 | |

表2 O₃濃度

東京灯標 1984年 単位 PPb

| 月 | 平均値 | 最高値 | 最低 |
|---|-----|-----|----|
| 6 | 27 | 85 | 3 |
| 7 | 20 | 132 | 3 |
| 8 | 25 | 225 | 3 |
| 9 | 33 | 126 | 4 |

反応が速く進むため、この比率が0.5を超えているが、冬季では0.5以下である。ところが、灯標では年間を通じてこの比率は0.5を超えている。このことは、灯標では発生源からの距離が遠いため、滞留時間が長いのでO₃を含んだ大気との混合により、O₃が補給されることが考えられる。表2に夏季に調査したO₃濃度を示すが、陸上と比較してかなり高濃度であることがわかる。また、夜間であっても、NOを酸化するに十分な量の濃度が存在している。NOとO₃の濃度の関係は逆相関であり、この一例を図2に示しておく。灯標では、陸上と異なり、O₃がNOに比較して豊富に存在するため、NOがNO₂に酸化され、NO濃度が殆どなくなることはあるが、O₃濃度がなくなることはない。NO、NO₂の時刻変化は、陸上と同様に二山型であるが、午後の山は明確でなく、陸上の測定局が18時頃であるのに対し、やゝ遅く21時頃となっている。

(2) NO_x濃度と風向、風速との関係

灯標では陸上と異なり、周辺に構造物がないので一般

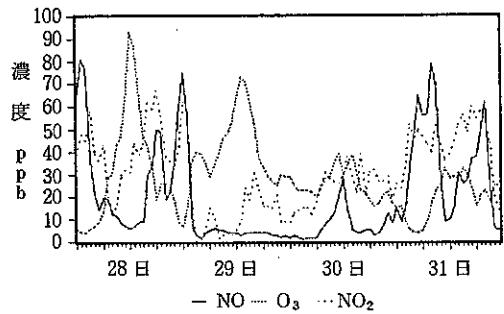


図2 NO, NO₂, O₃の時間変化 (1984年8月28~31日)

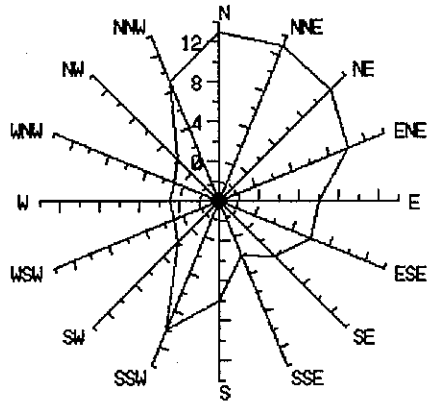


図3 東京灯標における風配図 (1984年) 頻度 % (静穏 2%)

に風が強く、年間の平均風速は約6km/秒と陸上のほぼ2倍である。また年間の風配図を図3に示すが、陸上のものと比較すると形がなめらかであり、夏の卓越風である南々西、冬の卓越風である北系の風向の頻度が多く、西風は余り吹かない。次に、風向とNO₂濃度の関係を夏季(8月)と、陸上でNO₂濃度の高くなる11月と比較したものを表3に示す。8月は、南西風の場合が最も高濃度で、平均28ppbであり、風上の川崎、横浜の発生源からの影響を十分受けていると思われる。ところが、発生源の距離が十分離れている南ないし東方向からの風向でも平均10ppbを超えている。11月は、北風と南々西の風の場合に平均35ppbとなっており、全般的に8月より高

表3 8月と11月の風向別NO₂平均濃度

単位 PPb

| 風向 | 8月 | 11月 |
|-----|-----|-----|
| NNE | —* | 26 |
| NE | 10 | 23 |
| ENE | 11 | 19 |
| E | 8 | 19 |
| ESE | 9 | 20 |
| SE | 10 | 36* |
| SSE | 11 | 18* |
| S | 17 | 21* |
| SSW | 18 | 35 |
| SW | 28 | 31* |
| WSW | 23* | 41* |
| W | 22* | 43* |
| WNW | 20* | 43* |
| NW | 18* | 55* |
| NNW | —* | 30 |
| N | 19* | 35 |
| C | 13 | 26* |

*印はサンプル数が5以下

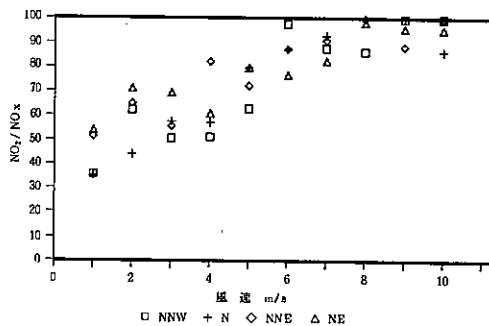


図4 風速とNO₂/NO_xの関係

風が強い程、O₃がNOに対して供給過剰となることがわかる。同様の解析を8月についても行ったが、11月と比較すると関係は余り明瞭ではないが同様の傾向であった。

4 おわりに

東京湾上の東京灯標におけるNO、NO₂の年平均濃度は、各々15ppb、31ppbで、陸上とはほぼ同様に汚染されていることがわかった。NO₂とNO_xの関係は、O₃濃度に関係しており、NO₂/NO_x比率は風速によるパラメタライズが可能である。NO₂汚染メカニズム解明のためには、O₃濃度の測定が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 宇田川満ら：東京湾上における大気汚染調査—第一報告— 東京都公害研究所年報1983.
- 2) 鶴野伊津志ら：夜間の都市域におけるNO₂の高濃度発現メカニズム 大気汚染学会誌, 24, (1989).

濃度である。

鶴野²⁾らは、NO₂/NO_xの関係は、O₃濃度に依存し、夜間の観測結果から、発生源から排出されるNO₂のNO_xに占める割合を約8%と推計している。灯標の8月のデータを用いて、彼らと同様の解析を行った結果、ほぼ同様な結果が得られた。また、11月はO₃測定データが無いため、NO₂/NO_xと風速との関係を調べた。風向頻度の多い風向毎に風速階級別にNO₂/NO_xの平均値を図4に示す。風速が強い程、この比率は高くなる。即ち、