

研究報告

都市と沿道の大気環境

小木曾毅

Air Quality of Urban Area and It's Roadsides

Takeshi Kogiso

要 旨

大気汚染が人の健康や生活に影響を及ぼすのは主に都市部である。そこで、自動車排ガスと関係の深い「窒素酸化物」と「浮遊粒子状物質」との都市と沿道を中心にした汚染状態の経緯と現況を述べる。

全国的に見ると NO_x 濃度は人口密度と高い相関が認められ、人為起源の寄与が大きいことを再確認した。SPM濃度と人口密度との相関はかなり小さく、自然起源粒子の寄与が無視できないことが示唆された。

東京23区の道路沿道大気(自排局)の NO_x 濃度は1980年以降低下し続けているが、一般環境大気(一般局)では横ばいである。これらの濃度変化の原因は、自動車からの排出量の減少と自動車以外からの NO_x 排出量の増加とが考えられる。SPM濃度が1991年以降低下している現象は自排局、一般局とも共通であり、直接排出される粒子は減少傾向にある。今後は大気中で生成する二次粒子に注目して行くことが大切であろう。

キーワード

大気汚染, 自動車, 都市, 沿道, 窒素酸化物, 微粒子, 濃度

Abstract

Air pollution influences human health and the living conditions in urban area. Oxygen nitrate (NO_x) and suspended particulate matter (SPM) are emitted by vehicles. I will describe the recent air quality level for general urban areas and roadsides.

The NO_x concentration has a high correlation to the population density in Japan. It is understood that NO_x from human work contributes to air pollution. The correlation between SPM concentration and population density is law. It shows that we can not ignore the contribution of particulates from natural sources.

The NO_x concentrations at roadsides air quality

monitoring stations in metropolitan Tokyo are decreasing since the 1980. However at ambient air quality monitoring stations it is not decreasing. They indicate that NO_x from vehicles is decreasing while NO_x from other sources is increasing. The SPM concentrations are decreasing since 1991 at roadside air quality monitoring stations and ambient air quality monitoring stations in metropolitan Tokyo. This indicates that the SPM is decreasing in primary emissions. It is important that we pay attention to secondary particles.

Keywords

Air pollution, Vehicle, Urban area, Roadsides, Oxygen nitrate, Particulate, Concentration

1. はじめに

大気汚染が人の健康もしくは生活に影響を及ぼすと考えられるのは主に都市部である。自動車排ガスには窒素酸化物と浮遊粒子状物質が含まれているのでこれらの都市と沿道を中心とした大気汚染の経緯と現況を述べる。

大気汚染の現況は、環境庁が1999(平成11)年に公表した最新のモニタリングデータ「日本の大気汚染状況」¹⁾および「道路周辺の大気汚染状況」²⁾を入手して解析した。前者は特定発生源の影響を受けない一般環境大気の大気汚染物質濃度を調査する測定局(一般環境大気測定局:一般局)の、後者は幹線道路沿道大気の大気汚染物質濃度を調査する測定局(自動車排出ガス測定局:自排局)の濃度データが収録されている。

2. 全国的な汚染状況

日本全体の大気汚染物質濃度が長期間継続測定されてきた一般局について、年平均濃度の経年変化をFig. 1に示した。長期間継続測定されてきた一般局濃度としては「日本の大気汚染状況」¹⁾に公表されている、二酸化窒素(NO_2):14局、浮遊粒子状物質(Suspended Particulate Matter, SPM):38局、二酸化硫黄(SO_2):14局、および一酸化炭素(CO):5局のそれぞれ年平均値を用いた。

SO_2 とCOとは経年的に顕著な濃度低下を示している。1997(平成9)年度は、COは全国の全測定

局で環境基準を達成し、 SO_2 は桜島の噴火の影響を受けていると思われる4局を含む5局以外の全測定局で環境基準を達成している。

一方、 NO_2 濃度は最近20年以上にわたって横ばい状態が続いている。SPM濃度は一旦下げ止まって横ばい状態にあったがまた低下している。大都市地域では NO_2 の環境基準達成率が低く、1985年頃からわずかながら上昇も認められる。

大都市域の NO_2 高濃度の主たる原因は自動車排出ガスと考えられて「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別処置法(自動車 NO_x 法)」が公布・施行(1993(平成5)年12月)された。

一般に、燃焼過程ではNOと NO_2 と(両者を合わせて NO_x という)が生成し、NOは大気中の酸化反応により NO_2 になる。従って NO_2 の挙動を解析する場合は NO_x の挙動を合わせて解析することが重要である。Fig. 2にNO、 NO_2 、 NO_x の濃度および NO_2/NO_x の値の経年変化を示した。

全国の NO_x 濃度は1985年まで低下したが1986年に上昇し、以後は横ばいで推移している。これに対してNOは1984~1987年にかけてわずかな上昇傾向が認められる以外は低下している。一方、 NO_2 は1985年を境に低下傾向から上昇傾向に転じ、1991年以降は横ばいで推移している。ここで注目すべきことは NO_2 濃度が上昇傾向にあることである。

窒素酸化物による大気汚染の指標のひとつであ

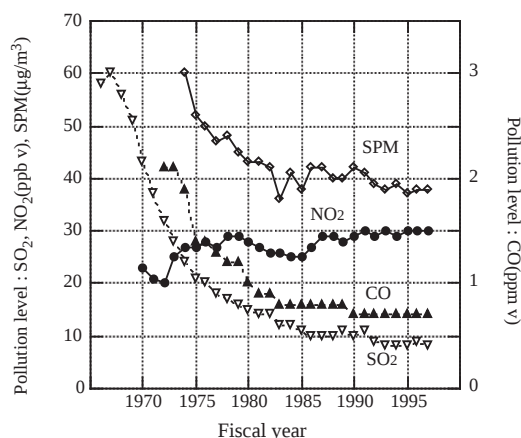


Fig. 1 Atmospheric pollutants annual mean concentrations trends.

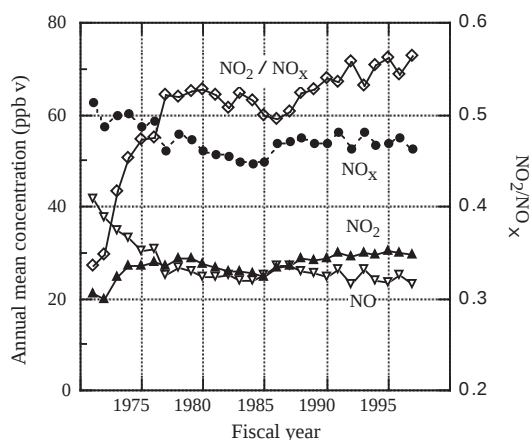


Fig. 2 Nitrogen oxides annual mean concentrations trends.

る NO_2/NO_x 値の変化を見ると、全体として上昇傾向にある。 NO_2/NO_x 値が上昇する原因は NO 排出量の減少および NO の酸化剤として働くオゾン(O_3)濃度の上昇が考えられる。1986年以降の上昇はバックグランドオゾン濃度の上昇³⁾が原因と考えている。

SPM濃度は低下から横ばいに移り、1990年以降再び低下傾向を示している。

以上、全国的に見た大気汚染状況は、 NO_2 を除けば改善の方向にある。

3. 地域的な特徴

地域毎の大気汚染の特徴を把握するために、一般環境大気の大気汚染物質濃度を8局以上で測定している27市町と東京23区および埼玉県南部(川口、蕨、戸田、鳩ヶ谷)を抽出して、1997(平成9)年度の汚染物質濃度と人口密度⁴⁾とをTable 1に示した。

Table 1では人口密度の高い都市で NO_x 濃度が高い傾向があることが分かる。

この関係をより明らかにするため、Table 1の人口密度と NO_x 濃度との関係の散布図をFig. 3に示す。このうち、白抜きのプロット4ヶは全データの回帰直線に対応する NO_x 濃度よりも20%以上

NO_x 濃度の高い札幌、富士、京都、倉敷である。これら4市は市域には広大な山地がある。このために市全体としては人口密度が低いにもかかわらず、一般環境大気測定局の設置位置の人口密度が高いために他の市町に比べて NO_x 濃度が高くなったと考えた。そこで、これら4市を除く25都市町について回帰直線を求めてFig. 3に併記した。

Fig. 3の回帰直線と相関係数から、 NO_x 濃度と人口密度との相関は高く、 NO_x 排出量が人口密度に比例していると考えられた。人口密度と NO_x 排出量とに直接の因果関係があるとは考えられず、人口密度はエネルギー消費密度の指標になっていると考えた。エネルギーの大部分が燃焼から取り出されるため、 NO_x 排出量密度が燃料の燃焼量密度に依存するとの常識的な結論に帰結した。

同様に、人口密度とSPM濃度との散布図と回帰直線をFig. 4に示した。SPM濃度は NO_x 濃度に比べて人口密度との相関が小さく、燃焼以外の排出源、二次生成粒子および自然起源粒子の影響が大きいことが示唆された。

NO_x 濃度とSPM濃度はいずれも人口密度と相関があると考えられたので29都市町について両者の散布図をFig. 5に示した。白抜きのプロットで示した4市町を除く回帰直線を求めるとかなり高い相関が認められた。Fig. 5から見ると、4市町を除けば日本各地の NO_x とSPMとによる大気汚染の状況は良く似ており、人口密度の高い地域ほど汚染しているといえる。東京23区は直線上の右端のプ

Table 1 Population density and concentration of NO_x and SPM by locations.

Location City, Town, etc	Population dens. (Man/km ²)	NO_x conc. (ppb)	SPM conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Sapporo	1.46	39.0	17.6
Tomakomai	0.28	18.8	16.3
Hatinohe	1.14	22.8	23.1
Sendai	1.13	24.8	27.2
Kamisu T.	0.50	22.9	32.7
Saitama	7.57	54.1	55.8
Tiba	2.99	40.7	46.0
Funabashi	6.12	42.4	46.2
Itoihara	0.69	26.1	35.7
Sodegaura	0.55	21.9	36.3
Tokyo	13.14	61.7	46.9
Yokohama	7.36	55.9	37.5
Kawasaki	7.98	57.3	48.6
Niigata	2.30	18.2	27.3
Fukui	0.73	21.7	28.7
Hamamatsu	2.11	23.3	29.3
Fuji	1.04	37.9	40.9
Nagoya	6.44	51.9	45.3
Atumi T.	0.30	20.4	40.0
Kyoto	2.31	42.6	33.1
Osaka	11.44	58.7	41.2
Sakai	5.87	42.3	42.4
Misaki T.	0.45	17.0	27.4
Kobe	2.64	36.3	29.0
Himeji	1.64	30.0	32.6
Okayama	1.14	34.0	40.0
Kuratsuki	1.40	34.1	39.3
Fukuyama	1.00	31.6	37.9
Kitakyusyu	2.13	36.3	32.4
Oita	1.12	19.6	33.4

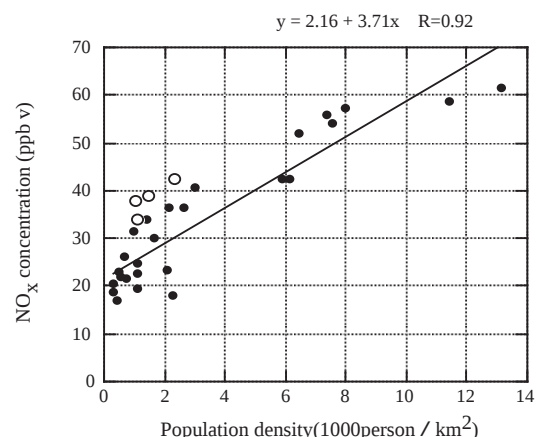


Fig. 3 Scatter diagram of NO_x versus population density.

ロットであり、性格的にも濃度的にも日本の大気汚染を代表する地域である。

特異な性格を示した4市町について特徴と原因を考察した。

○プロットは札幌と苫小牧である。他の都市町に比較して、 NO_x 濃度に対してSPM濃度が著しく低い。試みに北海道の全一般局の NO_x 濃度とSPM濃度との散布図を見ると、この2市と同様である。 NO_x 濃度に比べてSPM濃度が低いのは北海道の特徴であることが明らかになった。この原因は不明である。

プロットは愛知県の渥美町である。太平洋に面した海岸にあり、海塩および海砂がSPM高濃度に寄与していると考えるが、元素組成のデータが

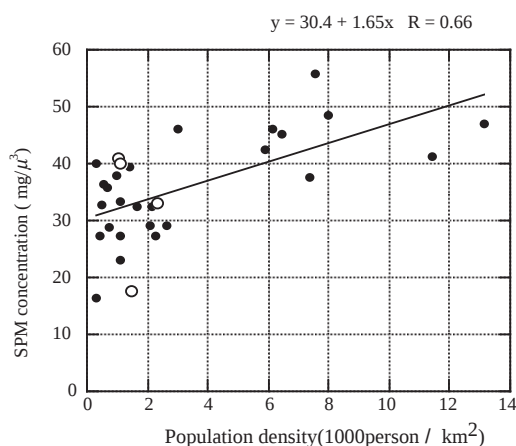


Fig.4 Scatter diagram of SPM concentration versus population density.

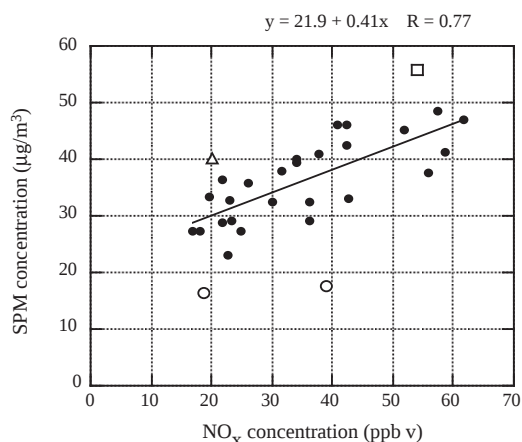


Fig.5 Relation between NO_x and SPM annual mean concentration.

無く、確かなことは言えない。

□プロットは埼玉県南部（川口，蕨，戸田，鳩ヶ谷に設置されている8一般局の平均濃度）であり、SPM中のイオン成分含有量が多いことが知られている。東京湾岸地域（東京，神奈川，千葉，埼玉）は一体の汚染地域と言われ、その中央に位置している埼玉県南部は二次生成粒子の影響が大きいと考えている。

4．都市と沿道

東京23区の NO_x とSPMによる大気汚染は性格的に日本を代表すると同時にその濃度は日本で最も高い。そこでこの地域を対象に一般環境大気と幹線道路沿道大気との汚染状況を解析した。

東京23区で1976年以降1997年まで継続して NO および NO_2 を測定した19一般局と15自排局との NO_x と NO_2 の年平均濃度の経年変化をFig. 6に示した。

自排局の NO_x 濃度は1980年以降全体としては低下傾向を示しており、特に自動車 NO_x 法が施行された1991年以降は明らかに低下している。自排局の NO_x 濃度の低下は自動車の排出する NO_x 量の減少を反映しており、自動車 NO_x 法は効果をあげているといえる。

一般局の NO_x 濃度を見ると、1980年までは低下したが以後横ばいで推移している。

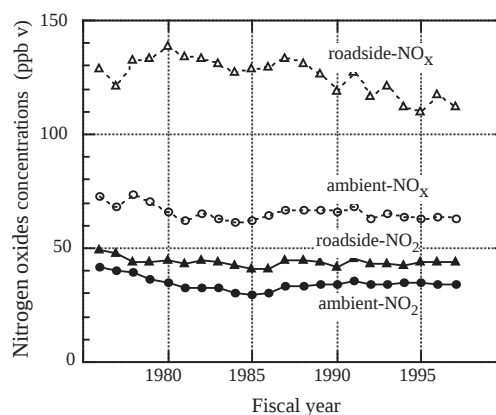


Fig.6 Nitrogen oxides annual mean concentrations at roadside and ambient air quality monitoring station.

一方、自排局濃度は1980年まで上昇し、一旦下降したものの再び上昇し、1987以降は下降している。1987年以降の自排局に見られる濃度低下は一般局濃度に反映されていない。これは自動車からの NO_x 排出量は減少したのに、自動車以外の発生源からの NO_x 排出量が増加したことが原因と考えられる。排出量増加の一部は反射式ストーブからファンヒーターへの代替、熱交換式暖房器具の普及なども寄与していると考えているが、定量的な評価はできなかった。

幹線道路からの NO_x 排出が沿道（自排局）濃度に与える影響は大きく、自排局濃度と一般局濃度との差は、1997年で自排局濃度：112ppbに対して63ppb、最も高い1980年では自排局濃度：138ppbに対して72ppbに達する。このように大きな上乗せ濃度からは、自排局濃度だけでなく一般局の NO_x 濃度に対しても自動車排出 NO_x が少なからぬ寄与があると考えざるを得ない。

NO_2 濃度は一般局については1985年を底とする低下とその後のわずかな上昇が認められるが、全体的には横ばいで推移している。自排局では NO_x 濃度が低下しているにも拘わらず NO_2 濃度が低下しないのは全国状況と同様にバックグランドオゾンの濃度上昇³⁾が寄与していると考えている。

東京23区の幹線道路沿道大気と一般環境大気との NO_x による汚染状況の相違をより明瞭にするために、自排局の年平均濃度と一般局の年平均濃度との差をFig. 7に示した。また、濃度差の NO_2/NO_x の値を求めて併記した。

NO_x の濃度差は1980年の72ppbをピークに、1997年には50ppbまで約30%減少した。濃度差の縮小は自動車単体からの排出量の減少を反映していると考えられる。なお、この間に幹線道路延長の増加はほとんど無くて交通量は増加している。このような状況から判断して、東京都の NO_x 排出総量に占める自動車排ガスの寄与を70%前後とする東京都の推計⁵⁾は過大評価であると判断した。

自排局と一般局との NO_2 濃度差は大きな変動が無く、10ppb前後で推移しているが、最近15年間は若干の減少傾向が認められる。

自動車の排出 NO_x 中の NO_2 は、全体平均では10%とされてきた。

Fig. 7に示した NO_2/NO_x の値の経年変化を見ると、1978年の落ち込みは三元触媒車（ NO_2 比率は数%）の導入を反映したと解される。1年後に反騰している原因はディーゼル車（ NO_2 比率10～30%）からの排出量の増加を反映しているかもしれない。1982年以降は0.17前後で推移しており、排出後のオゾンによる酸化を考慮すると、自動車から排出する NO_x に占める NO_2 の割合はディーゼル車の寄与の増加を反映して15%程度に上昇していると考えられる。また、1990年からの NO_2/NO_x の値の上昇は全国的な動向と同様にバックグランドオゾンの増加³⁾を反映したものと考えている。

東京23区において1979年以降1997年まで継続してSPMを測定した19一般局と7自排局とのSPMの年平均濃度の経年変化をFig. 8に示した。また、SPMによる汚染状況の相違をより明らかにするために、自排局の年平均濃度と一般局の年平均濃度との差を併記した。

自排局のSPM濃度は1991年までは全体としては上昇傾向を示している。それ以後は低下しており、自動車の排出するSPM量の減少を反映している。一般局のSPM濃度は、1991年までは増減はあるが横ばいで推移し、以後は自排局と同様に低下している。

自排局と一般局との関係で見ると、両者の年平均濃度はよく一致した経年変化傾向を示してい

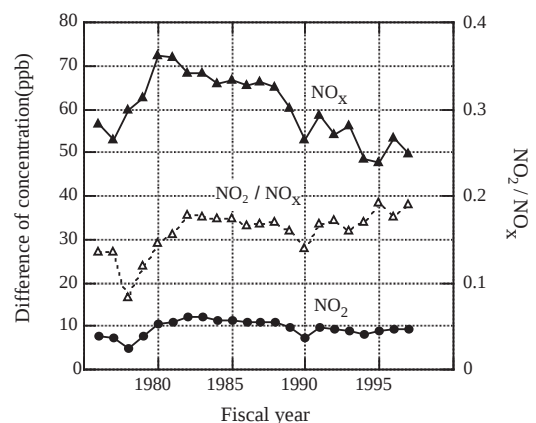


Fig. 7 Difference of nitrogen oxides annual mean concentrations between roadside and ambient air quality monitoring station and its NO_2/NO_x value.

る。また、SPMの濃度差は $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と小さい。1993年を境に増加傾向から減少傾向に変わっている。ピークの1993年でも濃度差は $8.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、沿道大気のSPM濃度に対する幹線道路による上乗せは20%以下と考えられた。

SPM濃度が1991年以降低下している状況は自排局、一般局とも共通であり、直接排出される粒子は減少傾向にあると思われる。今後は大気中で生成する二次粒子に注目して行くことが大切であろう。

5. まとめ

最新の公表データを用いて大気汚染の現状を解析した。

二酸化硫黄 (SO_2) と一酸化炭素 (CO) については大気中の濃度は著しく低下し、環境基準を達成できた。一方、二酸化窒素 (NO_2) 濃度は低減傾向が見られず、大都市では環境基準が達成できていない。さらに、浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度は低下傾向にあるものの、全国的に環境基準を達成できていない測定局が多く、特に大都市域で顕著である。

環境基準を達成できていない NO_2 とSPMによる大気汚染の状況を解析した。全国的に見ると NO_x (NO_2 は大気中における NO の酸化によっても生成するので、発生源からの排出量に係る解析は NO

と NO_2 との合計である NO_x を用いた) 濃度は人口密度と高い相関が認められ、人為起源の寄与が大きいことを再確認した。SPM濃度と人口密度との相関はかなり小さく、二次生成粒子と自然起源粒子の寄与が無視できないことが示唆された。 NO_x 濃度とSPM濃度とは相関が認められるが、両者の発生源はかなりの部分が共通であることとともに、燃料消費密度を介しての疑似相関の可能性も高い。東京23区の NO_x 濃度とSPM濃度との関係は全国データの回帰直線に乗り、濃度は両者とも極めて高く日本を代表する大気汚染地域と言える。北海道は NO_x 濃度に対してSPM濃度が低く、特異な汚染状況にある。埼玉県南部は逆にSPM濃度が高く、二次生成粒子の寄与が大きいことが示唆された。愛知県渥美町もSPM濃度が高いが、海塩と海砂の寄与が大きいためと考えている。

東京23区の幹線道路沿道大気(自排局)の NO_x 濃度は1980年以降低下し続けているが、一般環境大気(一般局)ではほとんど横ばいで推移している。沿道大気の濃度低下は自動車単体の排出量削減が交通量の増加を上回り、自動車の NO_x 排出総量が減少したことを示している。それにもかかわらず一般環境大気の NO_x 濃度が横ばいであるのは、自動車以外からの NO_x 排出量が増加して減少分を補ったと考えられる。

参考文献

- 1) 日本の大気汚染状況, 環境庁大気常時監視研究会監修, (1999), ぎょうせい
- 2) 道路周辺の大気汚染状況, 環境庁沿道大気汚染状況研究会監修, (1999), ぎょうせい
- 3) 秋元肇, 第34回大気環境学会年会講演要旨集, (1993), 600
- 4) 日本地図帳, 木内信蔵, 山口恵一郎監修, (1992), 177, 昭文社
- 5) 東京都窒素酸化物対策検討会: 窒素酸化物対策の目標を達成するために, (1993), 15

(1999年10月28日原稿受理)

著者紹介



小木曾毅 Takeshi Kogiso
 生年: 1940年。
 所属: 機械1部。
 分野: 大気環境。
 学会等: 大気環境学会会員。

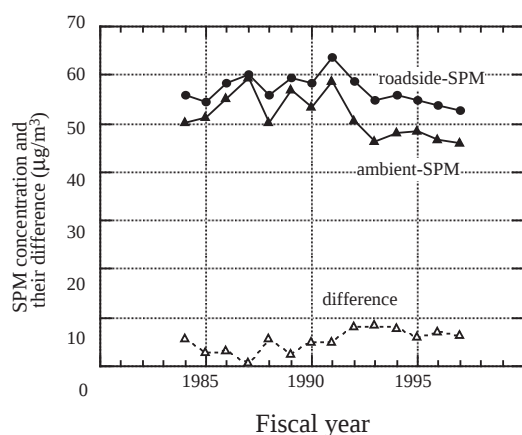


Fig.8 SPM annual mean concentrations trends at roadside and ambient air quality monitoring stations and their difference.