
A-16 名古屋市における光化学オキシダント濃度

1. はじめに

名古屋市における大気汚染は、自動車排出ガス・粒子の寄与が大きい都市型大気汚染として、NO_x や SPM による大気汚染が深刻で、都市化の進展に伴う人・物流の過度の集中を背景に、大都市に特有の、特に東京・大阪圏に比べ自動車交通に対する依存率の高い本市に特徴的な環境問題として、早急な対策が必要な状況にある。平成 13 年 12 月には、自動車 NO_x・PM 法の施行に伴い、本市域も新たに対策地域に指定され、NO_x や SPM についての環境改善に向けた取り組みが開始された。

本市域においては平成 10 年あたりまでNO₂濃度が漸増傾向にあり、光化学オキシダント(Ox)濃度も同じないしはそれを上回るような増加率で漸増傾向にあった。このような長期的なNO₂濃度の増加は、直接的には自動車排出ガス単体規制を凌駕する、ディーゼル車を中心とする交通量の増大に起因するNO_x排出量の増大をベースに、長期的なOx濃度の増加に後押しされてもたらされ、Ox濃度の上昇も逆にNO₂濃度の増加によってもたらされており、互いに密接にリンクして共に高濃度を誘導していたものと考えられる。平成 10 年以降は、ディーゼル車を中心とする自動車排出ガス・粒子の単体規制が、ようやく実効性を見せ始め、SPM濃度は漸減し、NO₂濃度は横ばいないしは微減傾向にあるが、Ox濃度は依然として漸増傾向にある。

平成 16 年度の環境基準の達成状況については、NO₂については一般環境局で 17/17 局、自排局で 11/12 局で達成し、年平均値の全測定局平均は 28 ppb、一般環境局で 25 ppb、自排局で 32 ppbであった。SPMについては一般環境局で 15/15 局、自排局で 12/12 局で達成し、年平均値の全測定局平均は 35 μg/m³、一般環境局で 34 μg/m³、自排局で 36 μg/m³であった。Oxについては一般環境局 13 局、自排局 1 局の全 14 局が非達成で、昼間の年平均値の全測定局平均は 23 ppb、一般環境局で 23 ppb、自排局で 19 ppbであった。

2. 選定 5 局の属性情報

2.1 位置・地勢・交通・測定方法等

- ・ 国設名古屋（局コード：23101010）
住所：名古屋市千種区鹿子殿 21-1
用途地域：第 1 種住居地域
周辺状況：市中心部から離れた住宅地、団地等が多い。比較的良好な大気環境。
測定方法：1997 年度から乾式
- ・ テレビ塔（局コード：23106011、1980 年までは 23106010）
住所：名古屋市中区錦三丁目 6-15
用途地域：商業地域
周辺状況：市中心部にある自排局（採気口高さ：14.5m）。周辺は幹線道路が密集した商業地域。

測定方法：ずっと湿式。1993年から向流吸尿管自動洗浄機付。

- ・ 市衛生研究所（局コード：23108040）

住所：名古屋市瑞穂区萩山町1-11

用途地域：第1種中高層住居専用地域

周辺状況：市中心部からはずれた閑静な住宅街

測定方法：ずっと湿式。1992年から向流吸尿管自動洗浄機付。

- ・ 八幡中学校（局コード：23110040）

住所：名古屋市中川区元中野町2-11

用途地域：第1種住居地域

周辺状況：市中心部からはずれた住居・商業混在地域

測定方法：ずっと湿式。1991年から向流吸尿管自動洗浄機付。

- ・ 守山保健所（局コード：23113010）

住所：名古屋市守山区小幡一丁目3-1

用途地域：第2種中高層住居専用地域

周辺状況：市周縁区で、郊外に近い住宅街

測定方法：ずっと湿式。1990年から向流吸尿管自動洗浄機付。

2.2 移設・選定理由について

選定理由

- ・ ほぼ1976年度以降全期間にわたってデータが存在すること。
- ・ 県管理局についての属性情報が今のところないため、名古屋市内の市管理局を優先し、県管理局は国設名古屋1局とした。なお平成15年度以降、県管理局は国設名古屋を除いて、名古屋市に管理移管された。
- ・ O_x 濃度の上昇がより明瞭に認められること。
- ・ NO_x も絡んで O_x 濃度が上昇していると考えられることから、全国的にも珍しい自排局での O_x 濃度の上昇を検証するため、自排局を1局加えた。

3. 解析結果

3.1 O_x 濃度年平均値の経年変化の状況（図1）

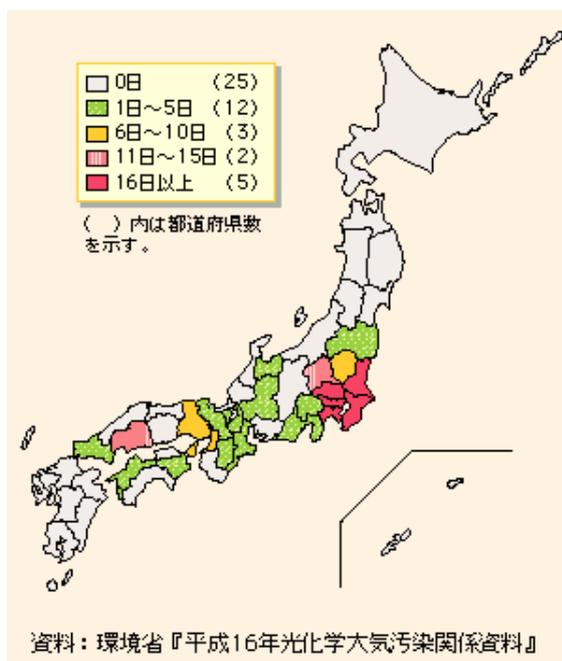
- ・ 光化学スモッグエピソードの名残があった1976年度～1985年度にかけては、排ガス単体規制の成果か、減少傾向にある。しかし、1985年度付近を底に、2004年度にかけては明らかな上昇傾向を示す。 NO_2 も同様に1985年度を底に、減少→上昇傾向を示す。1985年度以降は5局とも、大きな正の傾きを示す。
- ・ 乾式に切り替えると上昇が認められる（国設名古屋：1997年度）。ただ、他局でも上昇しており、かつ翌年からは下がり、湿式の他局と同様の経年変化を示すことから、上昇の主因をなすとは考えられない。ただ事実として、名古屋市内最高 O_x 濃度地点は、名古屋市内で一番空気のきれいな周縁部にある志段味支所から、乾式に切り替えた途端に、国設名

古屋に切り替わった。

- ・ 向流吸収管自動洗浄機付に切り替えると、やはり上昇が認められる(1990～1993年度)。乾式への切り替えよりも、やや大きな上昇幅が認められることが多い。ただし、向流吸収管自動洗浄機付になった時だけでなく、その後もコンスタントに上昇していることから、このこともやはり、上昇の主因をなすとは考えられない。
- ・ 自排局については、当然最も低い濃度であった。自排局と一般環境局とで、最高値や高濃度 O_x の出現状況等について、差が認められなかった。

3.2 高濃度 O_x (80ppb 以上、最大値)の発生状況 (図 2, 図 3)

- ・ 最大値の経年変化、80 ppb 以上の時間数の経年変化
高濃度 O_x の出現頻度の上昇については、特に 1990 年以降顕著に認められた。
- ・ O_x 濃度は漸増傾向にあるものの、愛知県(名古屋市)では高濃度 O_x の発生は少なく、従って注意報の発令等も比較的少ない地域であったが、 O_x 濃度の上昇によって、注意報発令等も散見されるようになってきた。ただ太平洋沿岸地域で、唯一の空白地域である状況に変わりはない。



参考図 平成 16 年の各都道府県の注意報等発令延べ日数

3.3 O_x 濃度の季節的な特徴 (図 6, 図 7)

- ・ 成層圏、あるいは対流圏上層部の高濃度 O_x が流下しやすい、移動性高気圧と前線が交互に日本列島上を通過する、4～5 月の春先の時期に最高濃度となる。＝日本海側の高濃度パターン
- ・ さらに、6 月は梅雨で日射量が少なく、いったん下がるものの、紫外線強度も大きく、高温で反応自体が進みやすくなる 7～8 月には、高濃度の O_x が出現する頻度が高くなる。＝太平洋側の高濃度パターン

季節的な変動をふまえた高濃度パターンの分類

- A) 4、5 月に大きなピークがあり、9、10 月頃にも小さいピークが出る場合もある、大陸からの「移流型」
- B) 7、8 月の高温の時期にピークが出やすい、NO_x も絡んだ光化学反応で誘導される、NO リッチな都市での「都市反応型」

の 2 つのタイプに、O_x 発生タイプが概ね分類可能で、両者の組合せ割合で各自治体の特徴付けることができた。

- ・ 例えば、島根県はほぼ 100%移流型で、都市反応型の寄与がごく小さいため、5 月の月平均濃度は 50 ppb 以上と極めて大きくなり、光化学反応が盛んであるはずの 7、8 月には極小となり、9、10 月頃に小さなピークが出るパターンであった。この 4、5 月の時期は、太平洋高気圧とシベリア高気圧のせめぎ合いで生まれる梅雨前線が南海上にあり、日本列島上をジェット気流が流れ、それに乗って移動性高気圧と前線が交互にやって来る時期である。中国大陸等から排出された NO_x 等を元に高濃度 O₃ が対流圏上部を中心に生成し保持されて、それがジェット気流に乗って長距離移流・生成・分解をしながら日本列島上へやってきて、高気圧前面等から地表付近に流下し、O₃ が高濃度になりやすくなるものと考えられる。9、10 月の時期は 4、5 月からほぼ半年弱過ぎた時期で、梅雨前線と同じ成因の秋雨前線が日本列島上にあり、それに沿って同じように移動性高気圧と前線が交互にやってきて、同じように O₃ 高濃度になるものの、シベリア高気圧の勢力が弱いいため、上層の高濃度 O₃ を取り込むことができず、ごく小さいピークで収まっていると考えることができる。この島根県と同じような経月変化、高濃度を示し、大陸からの移流 O_x が支配的な所としては、富山県、福井県、京都府北部、兵庫県北部、福岡県等の日本海側が挙げられる。
 - ・ それに対して名古屋市は、月別 60 ppb 以上時間数分布グラフに示されるように、7、8 月に高濃度となる頻度も高く、4、5 月とほぼ同程度の時間分布となっている。そのことは正に移流型に加え、都市反応型も関与していることを示唆している。都市反応型の関与が大きい所としては、今回の参加自治体の中では、兵庫県南部が挙げられ、実際兵庫県の月別 60 ppb 以上時間数分布グラフを見てみると、兵庫県北部の豊岡では 4、5 月のピークが極めて大きく、7、8 月のピークが小さいのに対し、兵庫県南部の都市域の国設尼崎や神戸市長田では 4、5 月のピークよりも、7、8 月のピークの方が大きくなっており、明らかな出現パターンの違いが出ている。名古屋市は、地形的にも日本列島の屈曲部で、山の途切れた若狭湾からの開口部に位置しており、地形的、気象的に「日本海側」の側面も併
-

せ持つと考えられることから裏付けられるように、島根県のように日本海側の移流型の要素を持ち、一方で兵庫県南部のように都市反応型の要素を併せ持つと言える。

- ・ 高濃度 O_x については、全国的に見ると太平洋沿岸の高濃度が目立っており、日本海側の地域は、それほど高濃度 O_x 発生頻度は高くない。太平洋沿岸の高濃度 O_x については、夏季を中心に、海陸風の循環で高濃度 O_x が濃縮され、内陸部にまで高濃度 O_x が移流到達することによって生じるとされる。関東・関西地域は相模湾・大阪湾の長い海岸線を抱えており、海陸風発達→循環が起りやすく、関東であれば新潟・長野の山岳地、関西であれば生駒山等の山岳地といった、後背の山地にぶつかる領域まで高濃度 O_x が拡がっていく。ところが名古屋市では、上述のように日本海側の要素が強く、北西の一般風が若狭湾からの開口部から入り込んで卓越し、局地風の海陸風を凌駕する頻度が高く、かつ NO_x 等の発生強度の大きい都市域が伊勢湾先端にあり、直線的な長い海岸線を有しないために一定の方向性を持った海陸風循環が発達しにくく、そのために関東・関西圏で見られるような大規模な海陸風循環による O_x 高濃度が起こりにくい、ないしはその規模が小さいと考えられる。

3.4 O_x 濃度年度別平均値と平年値(1990～2004)との偏差の状況 (図 4.1, 図 4.2)

- ・ 1990 年度以降の経年変化
5 局平均で 0.40 ppb/年ほどの濃度上昇率で、5 局全てで濃度上昇傾向を示した。1990～2001 年度では 0.45 ppb/年、1990～2002 年度では 0.43 ppb/年、1990～2003 年度では 0.41 ppb/年ほどの濃度上昇率であったことから、全体としての濃度上昇傾向はやや鈍化していると言える。1990～2002 年度での他自治体の上昇率と比較してみると、全体の中でも高い上昇率で、32 自治体中 6 位の上昇率であった。上昇率の高かった自治体は、宮崎県 (0.84 ppb/年)、徳島県 (0.58 ppb/年)、神戸市 (0.58 ppb/年)、岐阜県 (0.54 ppb/年)、佐賀県 (0.50 ppb/年) 等であった。局別では、八幡中学校が 0.66 ppb/年と、最も大きい上昇率となり、守山保健所がここ数年の濃度低下が響いて 0.01 ppb/年と、最も小さい上昇率となった。平均値相関係数は概ね 0.6 以上であったが、守山保健所のみが 0.04 と小さくなった。
- ・ 期間平均値 (1990～2004 年度)
1990～2004 年度の期間平均値は 18.2 ppb であった。1990～2001 年度では 17.7 ppb、1990～2002 年度では 17.9 ppb、1990～2003 年度では 18.0 ppb で、わずかずつ上昇している。最近もずっと、濃度上昇傾向が継続していることがうかがえる。1990～2002 年度での 17.9 ppb は、全 32 自治体中の最低濃度であった。全 32 自治体のうち、期間平均値が 20 ppb を下回ったのは、名古屋市と岐阜県 (19.6 ppb)、埼玉県 (19.7 ppb) であった。岐阜県は上昇率も名古屋市と同様、あるいはそれ以上に高く、名古屋市と岐阜県は地理的にも近いこともあり、濃度的には低い明確な上昇傾向にあるという、共通の O_x 挙動を示す地域的な特徴があると言える。また岐阜県と埼玉県も、大都市から少し離れた内陸域で、共通の O_x 挙動を示す地域的な特徴があると言える。

-
- ・ 1993年と1998年にOx濃度低下が起こっているが、これらの年には日射量が低下している。Ox濃度の上昇に日射量の増大が密接に関連していることがわかる。

3.5 Ox濃度ランク別時間数経年変化の状況（図5a～図5g）

- ・ 0～19 ppb
1976～1985年度にかけては濃度増加傾向。1985～2004年度・1990～2004年度の全ての期間で、全局で濃度減少傾向。
- ・ 20～39 ppb
1976～1985年度にかけては濃度減少傾向。1985年度を底に、2004年度にかけては全局で濃度上昇傾向。単純年平均値の経年変化に酷似。
- ・ 40～59 ppb
1985年度以降、全局で濃度上昇傾向。
- ・ 60～79 ppb
1985年度以降、全局で濃度上昇傾向。国設名古屋の濃度上昇率が最大。
- ・ 80～99 ppb
1985年度以降、概ね濃度上昇傾向。国設名古屋の濃度上昇率の他局との乖離が大きくなる。
- ・ 100～119 ppb
1985年度以降、守山保健所を除いて濃度上昇傾向。国設名古屋の濃度上昇率の他局との乖離が大きくなる。
- ・ 120ppb以上
1985年度以降、概ね濃度上昇傾向。概ね国設名古屋のみ出現。

全体としては、0～19 ppbの低濃度域では経年的に濃度低下し、低濃度Oxの出現頻度が少なくなっているものの、20 ppb以上の濃度ランクでは、いずれも1985年以降濃度上昇傾向にある。

3.6 NOx、SPM濃度の季節的な特徴（図8、図9）

- ・ NOx月別平均値
 - ① 12月を中心とする初冬季が高濃度で、5～8月の夏季が低濃度となった。
 - ② 初冬季が高濃度となるのは、大気安定度等の気象要因に因るところが大きく、加えてNOを酸化分解するO₃濃度が低濃度であることが影響している。
 - ③ 夏季に低濃度となるのもやはり、鉛直混合層の発達等の、大気安定度を始めとする気象要因にも因るが、特に5月に高濃度となるO₃によるNOの酸化=NO₂への転化、さらなる酸化等による、NOxとしての濃度低下の影響が大きい。従って、NO₂でみると、5月を中心とした春季に高濃度となることが多い。
 - ④ 当然ではあるが、Oxの場合とは逆に、自排局が選定5局中で最高濃度となった。
-

-
- SPM 月別平均値
 - ① 全局で7月と12月に高濃度となった。NO_xの季節変動とは、初冬季が高濃度となることは一致しているが、他季には異なる。NO_xの季節変動と、O_xのそれとは概ね逆比例関係にあり、SPMのそれはその中間にあると言える。
 - ② 12月を中心とする初冬季が高濃度となるのは、NO_xの場合と同じく、大気安定度等の気象要因に因るところが大きい。
 - ③ 7月に高濃度となるのは、気温が高いことに因る反応速度の上昇、年間で最大となる紫外線強度の大きさ、5～8月に年間で最大となるO₃濃度の高さ、等々の諸要因によって、光化学反応を中心とした二次生成によるSPM濃度の上昇が起きているものと考えられる。
 - ④ 4月に高濃度となるのは、黄砂の影響による場合がある。
 - ⑤ NO_xについては自排局（テレビ塔）の方が一般環境局（他4局）より高濃度となったが、SPMについては自排局の方が高濃度とはなっていない。直接的に自動車排ガスの影響を受けるNO_xと違って、SPMの場合は二次生成や自然起源由来等、複雑な生成過程があるためと考えられる。

3.7 NO_x 及びSPM濃度とO_xとの関係（図10, 図11）

- 1990～2004年度の長期間の平均濃度では、NO_x－O_x、SPM－O_xともに、明瞭な相関は認められなかったが、NO_x－O_xについては、概ね逆比例関係が認められた。
 - NO_xとO_xについては、概ね逆比例関係が認められた。前述の、O₃によるNOの酸化＝NO₂への転化、さらなる酸化等による、NO_xとしての濃度低下というような関係を反映しているものと考えられる。相関係数としては $r=-0.72$ ほどが得られた。他自治体でも比較的きれいな逆比例関係が見えた場合が多い。都市光化学反応型O_xの寄与の大小に関わらず、ほぼ全自治体でこの傾向は見えると言える。
 - SPMとO_xについては、より相関は見えにくくなり、NO_xの場合のようなきれいな逆比例関係が打ち消された。前述の、光化学反応を中心とした二次生成によるSPM濃度の上昇というような複雑な関係を反映しているものと考えられる。他自治体でもやはり、NO_xよりもSPMの方が、関係がぼやけたことでは一致しているが、他自治体では長崎県、福岡市、徳島県、福井県、富山県等、逆比例関係が比較的きれいに見えた自治体もあった。逆比例関係が見えた自治体は、都市光化学反応型O_xの寄与が小さい自治体が多く、そのことは光化学反応による二次生成SPMのSPM濃度に対する寄与が小さい自治体であることを意味している。名古屋市は都市光化学反応型O_xの寄与が大きいため、同時に光化学反応等による二次生成SPMのSPM濃度に対する寄与が大きくなり、逆比例関係を打ち消す方向に働いているものと考えられる。
 - NO_xとO_xはきれいな逆比例関係があり、名古屋市域でもNO_xとO_xは全く逆の濃度分布を示す。NO_xが高いところはO_xが低く、NO_xが低いところはO_xが高い。SPMはその中間で、一言でいうと、わけのわからないような濃度分布を示す。基本的にはSPMもO_xと逆比例関係だが、都市光化学反応型O_xが寄与する割合が低ければSPMはNO_xに
-

近づき、SPM と O_x の逆比例関係はキープされるが、その割合が高くなって光化学的二次生成が活発になれば SPM は O_x に近づき、SPM と O_x の逆比例関係が壊されるものと考えられる。

4. まとめと今後の課題

- O_x濃度年平均値の経年変化については、1976年度～1985年度にかけては減少傾向が認められ、1985年度付近を底に、2004年度にかけては明らかな上昇傾向が認められた。NO₂も同様に、1985年度付近を底に、減少→上昇傾向を示した。
- 1990年度以降（1990～2004年度）では、5局平均で0.40 ppb/年ほどの濃度上昇率で、5局全てで濃度上昇傾向を示し、全32自治体中第6位の上昇率であった。O_x濃度期間平均値（1990～2004年度）は18.2 ppbで、全32自治体中の最低濃度であった（順位については1990～2002年度での順位）。
- 濃度ランク別に見てみると、0～19 ppbの低濃度域では経年的に濃度低下し、低濃度O_xの出現頻度が少なくなっているものの、20 ppb以上の濃度ランクでは、いずれも1985年以降濃度上昇傾向にある。
- 季節的な濃度変動から、O_x高濃度パターンは、4、5月に大きなピークがある大陸からの「移流型」と、7、8月の高温で紫外線強度も大きい時期にピークが出やすい、NO_x・SPM等も絡んだ光化学反応で誘導される「都市反応型」の2つのパターンに分類され、名古屋市では両方のパターンが混在している。
- NO_xとO_xについては、概ね逆比例関係が認められた。SPMとO_xについては、NO_xの場合のようなきれいな逆比例関係が打ち消され、ほとんど相関は認められなかった。

[執筆者：大野 隆史（名古屋市環境科学研究所）]

測定局配置図(★:選定5局 ●:一般環境測定局)

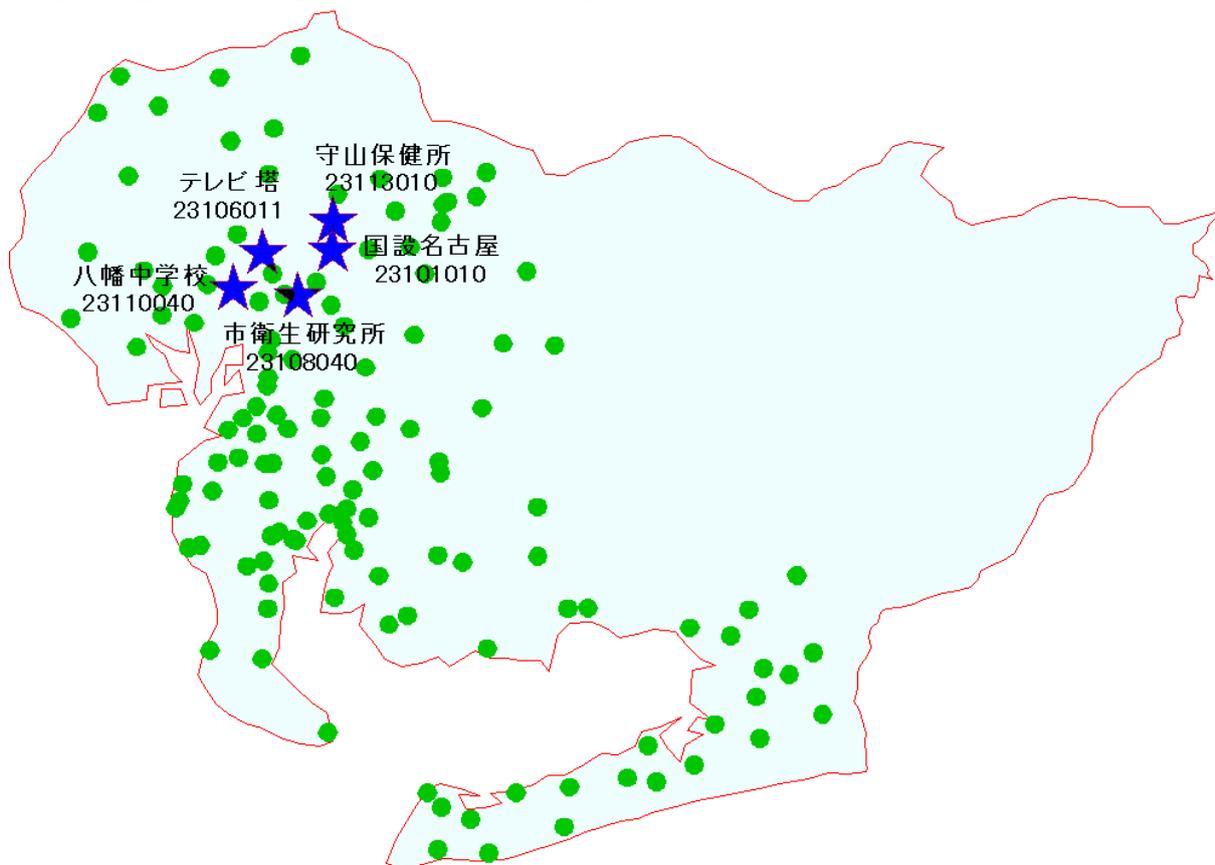


表1 選定5局の属性情報(名古屋市)

測定局名	国設名古屋	テレビ塔	市衛生研究所	八幡中学校	守山保健所
国環研コード番号	23101010	23106011	23108040	23110040	23113010
測定局設置年月	1969年3月	1971年7月	1970年11月	1976年3月	1976年3月
Oxのデータ解析期間	1976年4月～ 2005年3月	1977年4月～ 2005年3月	1977年4月～ 2005年3月	1977年4月～ 2005年3月	1977年4月～ 2005年3月
周辺状況	市中心部から離れた住宅地、団地等が多い比較的良好な大気環境	市中心部にある自排局採気口高さ: 14.5 m 幹線道路が密集した商業地域	市中心部からはずれた閑静な住宅街	市中心部からはずれた住居・商業混在地域	市周縁区で、郊外に近い住宅街
測定局移設状況	なし	なし	なし	なし	なし
周辺状況の変化	特になし	特になし	特になし	特になし	特になし
Oxの測定方法の変化※(年月は測定機の設置または更新時期)	不明(1990年頃?) Ox→OxW 1997年3月 OxW→O ₃ UV	1993年3月 Ox→OxW	1992年3月 Ox→OxW	1991年3月 Ox→OxW	1990年3月 Ox→OxW
備考					

※Oxは吸光光度法向流吸気管自動洗浄装置なし、OxWは吸光光度法向流吸気管自動洗浄装置付き、O₃UVは紫外線吸収法を示す。

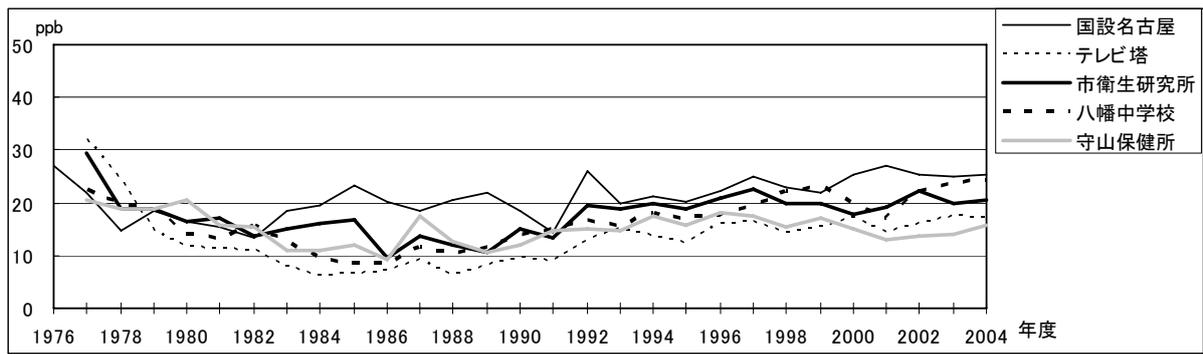


図 1 Ox 濃度の年平均値経年変化

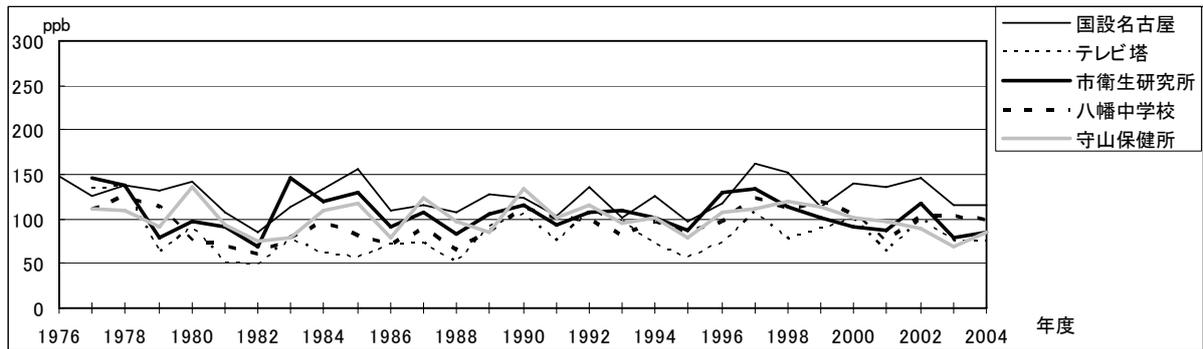


図 2 Ox 濃度の年最大値経年変化

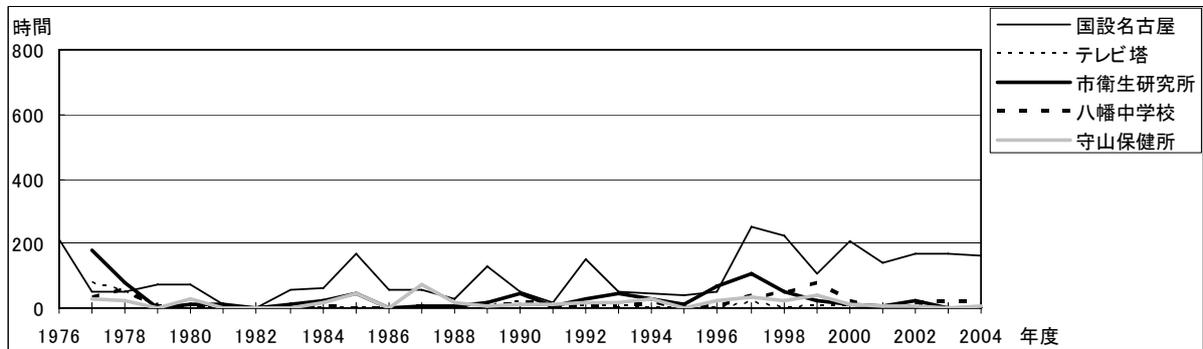


図 3 Ox80ppb 以上の時間数の経年変化

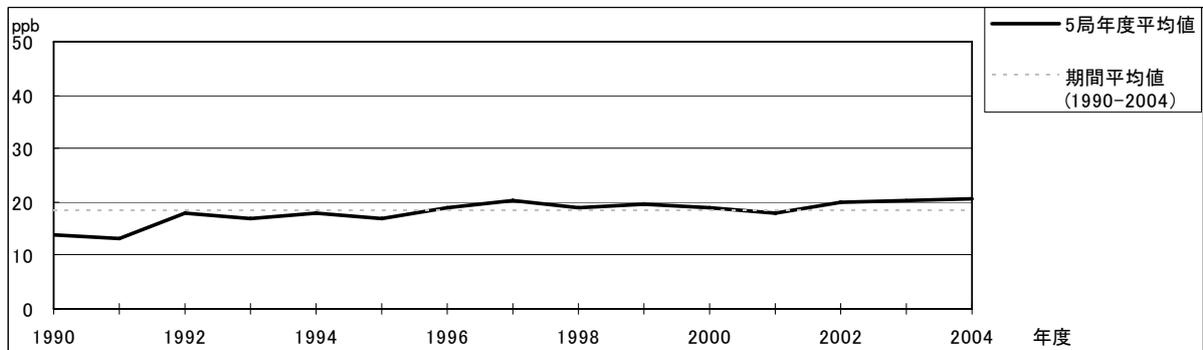


図 4.1 Ox 濃度の年度別平均値と平年値との偏差

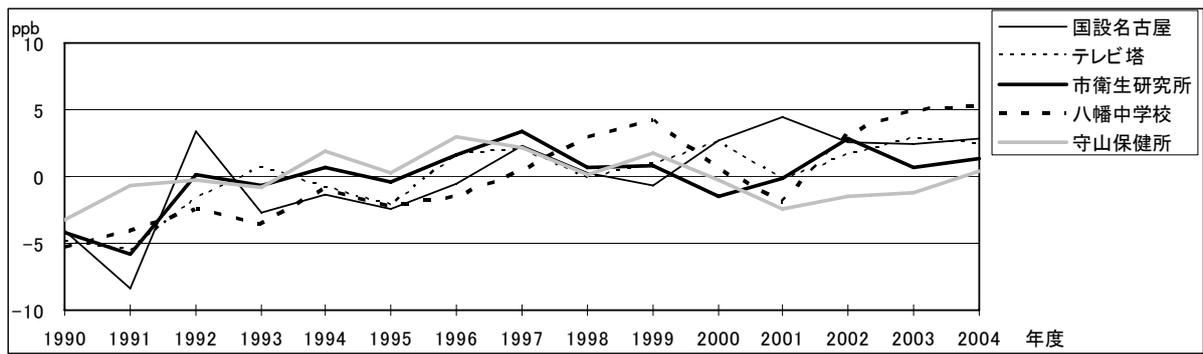


図 4.2 O_x 濃度の年度別平均値と平年値との偏差(局別)

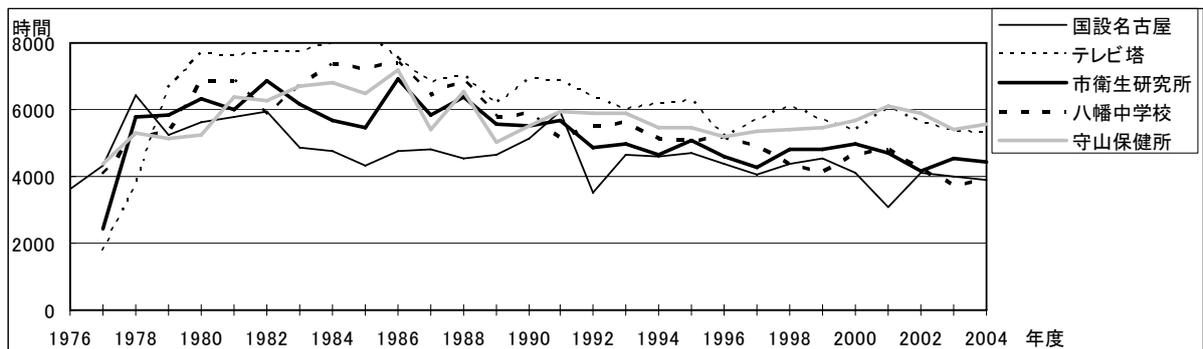


図 5a O_x 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(0~19ppb)

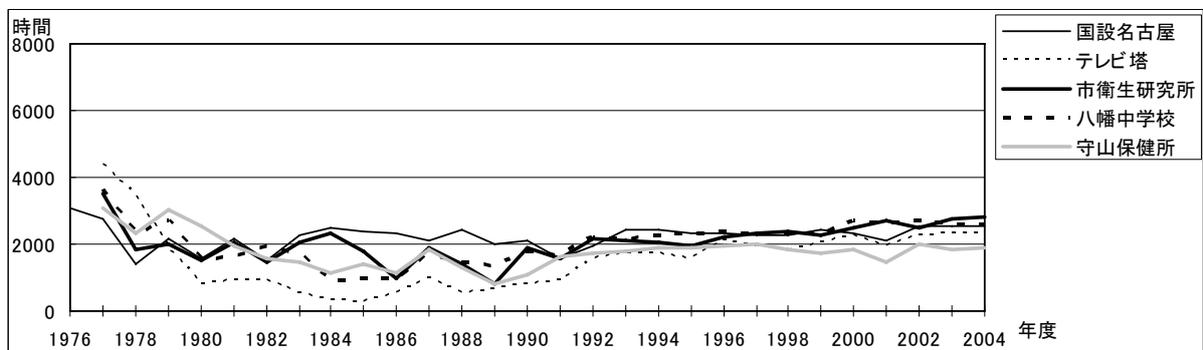


図 5b O_x 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(20~39ppb)

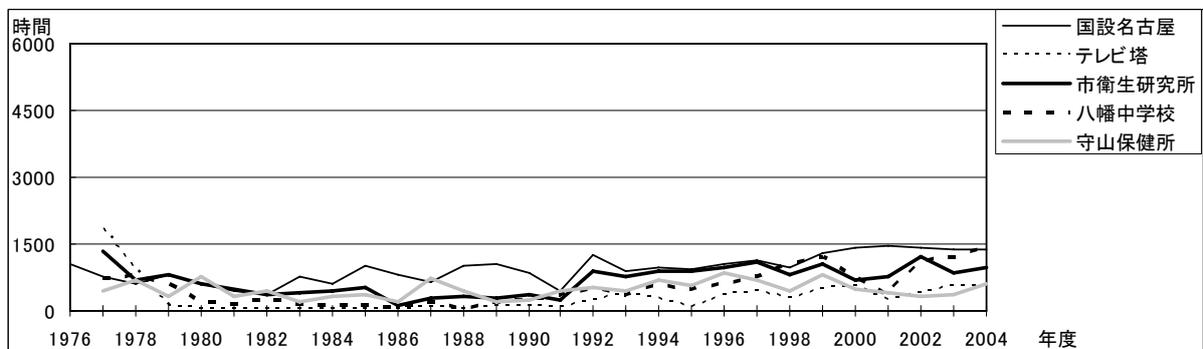


図 5c O_x 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(40~59ppb)

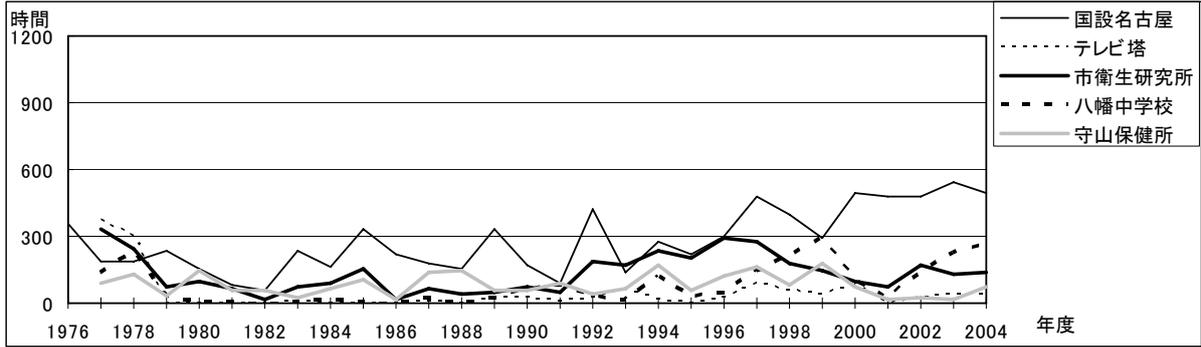


図 5d Ox 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(60~79ppb)

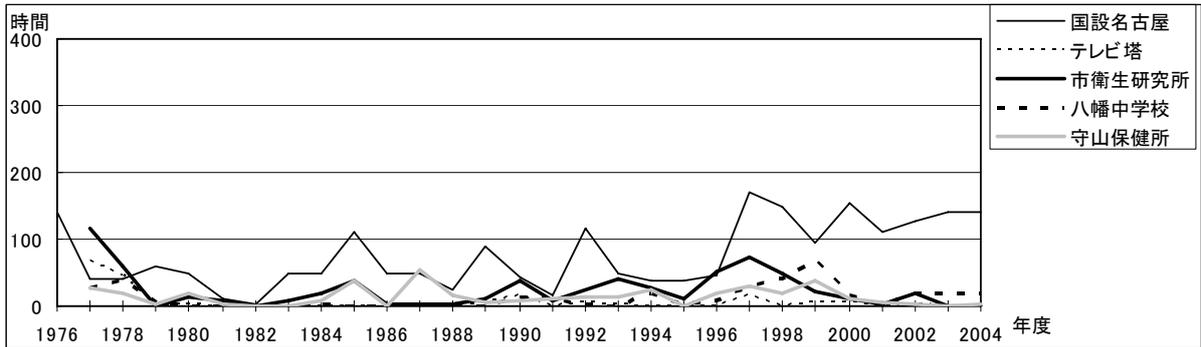


図 5e Ox 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(80~99ppb)

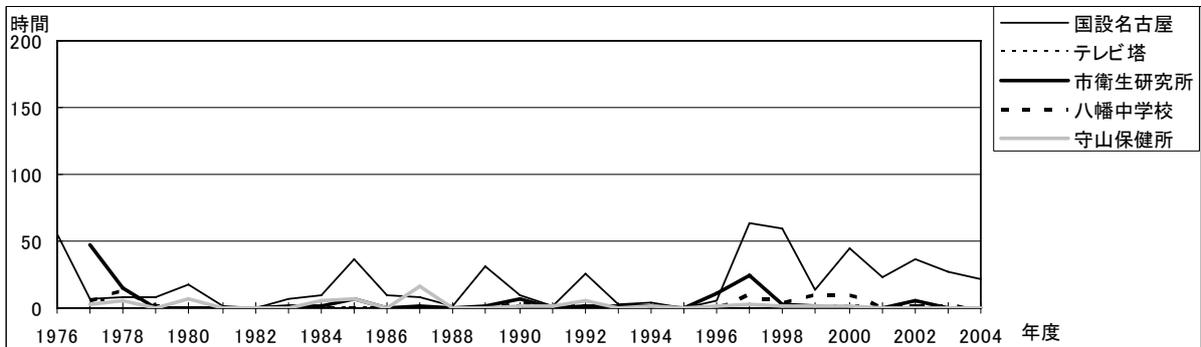


図 5f Ox 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(100~119ppb)

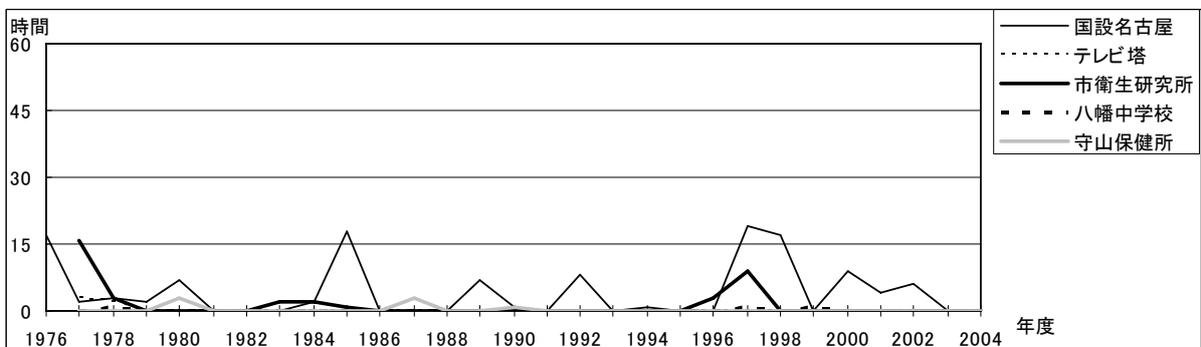


図 5g Ox 濃度ランク別(20ppb 毎)の時間数の経年変化(120ppb 以上)

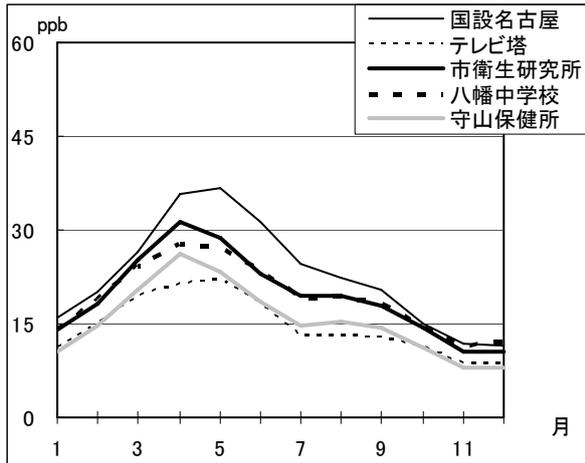


図 6 Ox 濃度の月別平均値

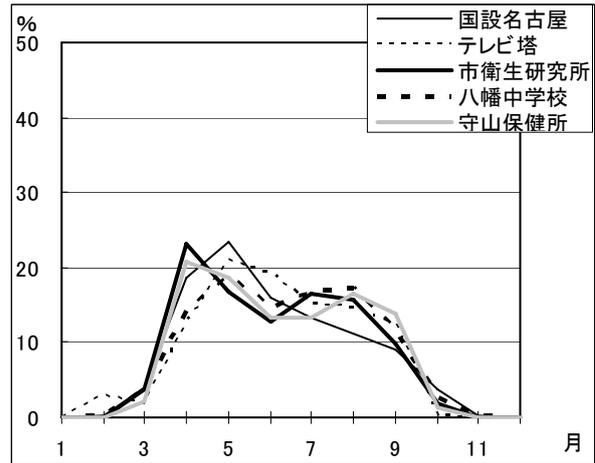


図 7 Ox60ppb 以上の月別出現割合

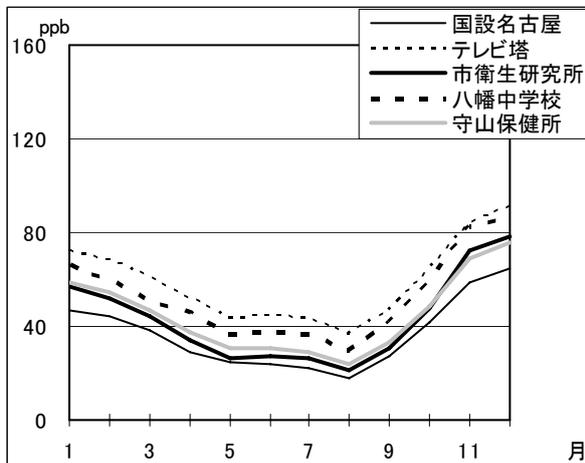


図 8 NOx 濃度の月別平均値

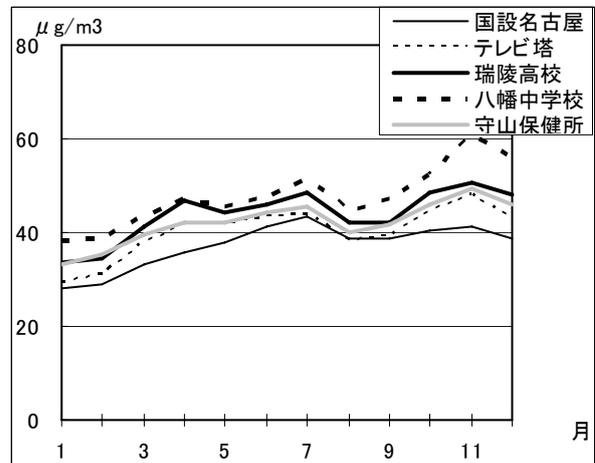


図 9 SPM 濃度の月別平均値

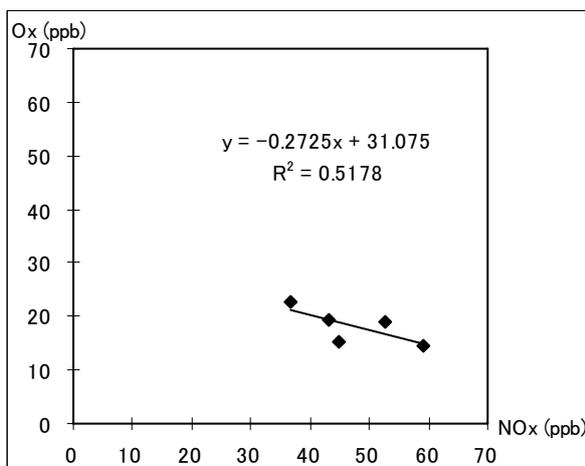


図 10 NOx 濃度と Ox 濃度の関係

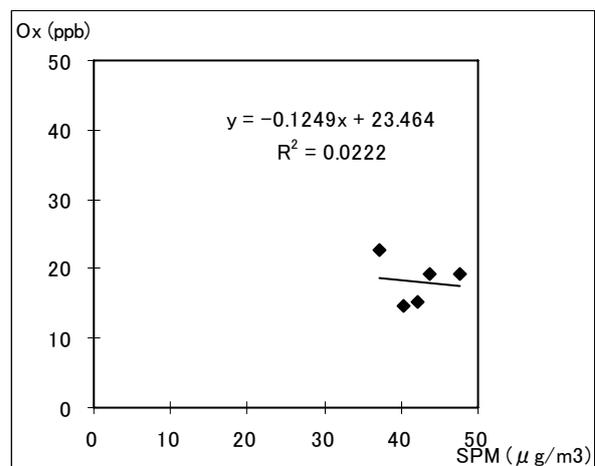


図 11 SPM 濃度と Ox 濃度の関係