

京都市における
光化学オキシダント濃度と光化学スモッグ注意報発令回数の経年変化及び
光化学スモッグ注意報発令日における一般環境大気測定局の状況と傾向

吉井克英*, 小枝雅之*, 安井朗*

An annual change in a photochemical oxidant density and the number of warnings and the situation and tendency at the each ambient air pollution monitoring station on photochemical smog warning days in Kyoto city

Katsuhide YOSHII, Masayuki KOEDA, Akira YASUI

Abstract

In recent years, the number of a photochemical smog warning has been showing a tendency to rise throughout Japan. We made an analysis of the annual change in a photochemical oxidant density and the number of warnings in Kyoto city, and also of the situation and tendency at the each ambient air pollution monitoring station on warning days. As a result, a photochemical oxidant density has been clearly higher, but it was usually under warning level. There was no tendency of increase in the number of warnings.

Sakyo area tends to be easily affected by the pollution of a photochemical smog in Kyoto city.

Key Words

photochemical smog warning 光化学スモッグ注意報, annual change 経年変化,
photochemical Oxidant (Ox) 光化学オキシダント, number of warnings 発令回数,
ambient air pollution monitoring station 一般環境大気測定局

1 はじめに

京都市は、三方が山に囲まれた内陸盆地に位置しており、風が弱く、気温の逆転層が出現しやすいことから、大気中の汚染物質が拡散されにくく、発生量に比べて高濃度汚染が出現しやすい特徴がある。

また、京都府南部から阪神工業地帯に連なっているために、南ないし南西の風の時に市内の汚染濃度が高くなりやすい傾向もみられる¹⁾。

本市の大気汚染の状況を環境基準が制定されている5物質でみると、光化学オキシダント(Ox)を除く4物質は、経年的にはほぼ横ばいか微減傾向にあるのに対し、Oxは、近年、増加傾向がみられる。平成20年度の環境基準の達成状況も、Oxは、一般環境大気測定局全10局で未達成であった。

Oxは、工場・事業所のばい煙や自動車の排出ガス等に含まれる窒素酸化物(NOx)や炭化水素類(NMHC)が紫外線により光化学反応を起こし、生成される2次生成物質である。近年では、Oxの原因物質となるNOxやNMHC濃度は、横ばいないし減少傾向にあるにもかかわらず、Ox濃度は増加傾向にある。

今回、本市における光化学スモッグ注意報発令時の一般環

境大気測定局の状況や傾向の解析を行うとともに、高濃度Ox発生原因や汚染特性を解明するため、Ox濃度の年平均値の経年変化、月平均値の経年変化及び濃度ランク別出現率等の解析と検討を行ったので報告する。

なお、今回、解析に使用したデータは、地方自治体研究所と独立行政法人国立環境研究所(国環研)で行っているC型共同研究に参画し、国環研が開発した「大気時間値集計・解析プログラム」(データ解析ソフト)を使用して得られた結果も一部含まれている。

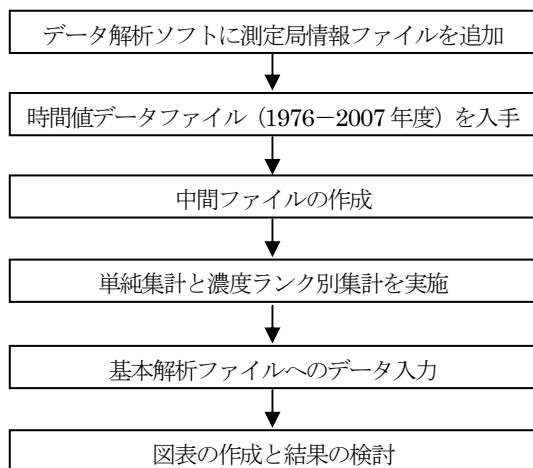
2 方法

(1) 解析を行うにあたり、Ox濃度の年平均値、月平均値及び変化率については、左京局、京都市役所局(市役所局)、醍醐局、山科局及び西京局の5測定局を選定し、その他の解析については、京都市内の一般環境大気測定局全10局の統計データを使用した。5局を選定する際には、地勢や位置を考慮し、かつ出来るだけ広く市域に分散するように選択した²⁾。

(2) 解析の流れ

ア Ox濃度(年平均値、月平均値、変化率)の解析

* 京都市衛生環境研究所 環境部門



イ 光化学スモッグ注意報発令日における一般環境大気測定局の状況と傾向の解析及び京都市における高濃度 0x の経時的な挙動と気象条件との関係についての解析は、光化学スモッグ注意報関係の資料を基に、図表の作成を行い、その結果について検討を行った。

3 結果及び考察

(1) 0x 濃度と光化学スモッグ注意報発令回数の経年変化

ア 0x 濃度年平均値と光化学スモッグ注意報発令回数の経年変化 (図1, 図2-1~図2-6)

選定5局の0x濃度の年平均値又は月平均値と光化学スモッグ注意報の発令回数の経年変化について、解析・検討を行った。解析期間は0x濃度については1976~2008年度(醍醐局は、1980~2008年度)、発令回数については1976~2009年度である。

(ア) 0x 濃度年平均値と発令回数の経年変化 (図1)

0x濃度年平均値については、解析期間において、1976年度が年平均値の極大ピークにあり、それ以降は1980年度頃にかけて、顕著な減少傾向にあった。1980~1984年度頃を底に、それ以降は、概ね明確な増加傾向にあった。測定局毎(局毎)にみると、全体的に1984年度以降は、概ね増加傾向にあったが、醍醐局に関しては、1985~1998年度頃にかけては、横ばいないし微減傾向にあり、その後は増加傾向に転じるという他の4局とは異なる傾向を示した。解析期間において、0x濃度は、左京局が最も高く、醍醐局が最も低い傾向にあり、また、市役所局の増加傾向が顕著であった。

発令回数については、1976~1992年度までは、ほぼ毎年、複数の発令があったが、1993~2001年度の期間においては、発令回数が相対的に少なくなった。近年では発令回数も増えつつあるが、明確な増加傾向にあるとまでは言えなかった。

以上のことから、発令回数は、0x濃度年平均値が明確な増加傾向にあった期間(1984年度以降)においても、明確な増加傾向は認められず、0x濃度年平均値と発令回数間に相関があるとは言えなかった。相関が見られなかった理由としては、注意報レベル(0x濃度120ppb)以上の濃度ランクの出現時間数が明確な増加傾向には無い、または、注意報発令には0x濃度だけではなく、気象条件等他の要因も大きく影響するためと推察できる。

なお、0x濃度ランク別の出現時間数(出現率)の経年変化については3-(1)-ウ、エで検討を行った。

(イ) 月毎の0x濃度月平均値と発令回数の経年変化

光化学反応における大気汚染緊急時対策を実施する5~9月における月毎の0x濃度月平均値と発令回数の経年変化について解析を行った。

a 5月(図2-1)

0x濃度月平均値については、1980年度頃を底にそれ以降は、概ね増加傾向にあった。局毎にみると、醍醐局を除く4局での局間差が経年的に小さくなっていた。また、醍醐局は他の4局に比べ、増加傾向が小さかった。

発令回数については、1980年代前半までは発令があったものの、それ以降は発令されることはほとんど無かったが、2007年度以降、再び発令されるようになった。

b 6月(図2-2)

0x濃度月平均値については、1978年度頃を底に1987年度頃にかけて増加傾向にあり、その後は横ばいないし微増傾向にあって、2001年度以降は再び増加傾向にあった。

発令回数については、1990年代を除き、概ね毎年、発令があった。

c 7月(図2-3)

0x濃度月平均値については、1976年度に極大ピークがみられ、1976~1984年度にかけて減少傾向にあり、1984年度を底に1992年度にかけて増加傾向にあった。1992年度に極大ピークが出現し、その後は1993年度を底に微増傾向にあった。局毎にみると、1990年度以降の経年変化の傾向は5局とも似通っていた。

発令回数については、0x濃度月平均値で極大ピークが出現した1992年に5回と多くの発令があった。解析期間を通しての発令回数は、年度によるバラツ

キが他月と比較すると目立った。

d 8月 (図2-4)

0x 濃度月平均値については、1976年度に極大ピークがあり、それ以降は1983年度頃にかけて減少傾向にあった。1983年度頃を底にそれ以降は緩やかな増加傾向がみられた。2000年度以降の近年においては、5局の局間差は、非常に小さくなった。

発令回数については、0回又は1回といった年度がほとんどであったが、2006年度は4回と解析期間を通して最も多くの発令があった。

e 9月 (図2-5)

0x 濃度月平均値については、1979年度頃を底にそれ以降は増加傾向にあった。

発令回数については、解析期間を通して総計5回と他月と比較し、少なかった。

なお、5~9月における、0x 濃度月平均値と発令回数において、双方の間に相関が認められた月は無かった。

f 5~9月の総括 (図2-6)

解析期間を通して、5、6月が恒常的に濃度が高い傾向にあった。各月とも、増加傾向にあったが、特に5月の増加傾向が大きかった。

発令回数をみると、6、7月の発令回数が多かった。5月は、1989年度以降20年近く発令が無かったが、2007年度から3年続けて発令があり、その原因は5月における近年の0x 濃度の急激な上昇に起因するものと推察できる。

イ 選定5局の0x 濃度平均値の変化率 (図3-1~図3-6)

選定5局の0x 濃度平均値の変化率について局毎に、また、選定5局の0x 濃度平均値の平均変化率について月毎(5~9月)に解析・検討を行った。解析期間は1980~1989年度、1990~1999年度、2000~2008年度とし、これら3つの期間において比較した。

(ア) 5月 (図3-1)

5月は、解析期間を通して、ほぼ増加傾向にあった。特に1980~1989年度の期間における左京局(1.87 ppb/年)と山科局(2.17 ppb/年)が特に顕著な増加率を示した。また、2000年度以降の近年においても、市役所局(1.08 ppb/年)、山科局(1.04 ppb/年)、西京局(1.19 ppb/年)と1 ppb/年を超える増加率を示す局が出現し、5局平均でも0.96 ppb/年と大きな増加率にあった。

(イ) 6月 (図3-2)

1980~1989年度の期間においては、5局とも増加傾向にあり、その中でも左京局(1.79 ppb/年)と山科局(1.79 ppb/年)が顕著な増加率を示した。1990~1999年度の期間は、市役所局を除く4局で、減少傾向ないし横ばい(西京局は±0 ppb/年)にあった。2000年度以降の近年においては、5局とも増加傾向にあり、その中でも市役所局(1.04 ppb/年)と西京局(0.98 ppb/年)の増加率が大きかった。3つの期間全てで増加傾向にあったのは、市役所局(1980~1989年度:0.90 ppb/年、1990~1999年度:0.72 ppb/年、2000~2008年度:1.04 ppb/年)のみであり、各期間の増加率も大きかった。

(ウ) 7月 (図3-3)

1990~1999年度の期間は、市役所局を除く4局で、減少傾向にあり、その中でも醍醐局(-0.93 ppb/年)の減少傾向が顕著であった。2000年度以降の近年においては、5局とも増加傾向にあったが、5、6月の様に増加率が1 ppb/年を超える局はみられなかった。また、市役所局のみが3つの期間全てで増加傾向にあったが、増加率は5、6月と比較し、小さかった。

(エ) 8月 (図3-4)

1980~1989年度の期間においては、西京局(-0.65 ppb/年)の減少率が目立った。2000年度以降の近年は、5局とも増加傾向にあり、増加率は5局平均で0.51 ppb/年であった。市役所局のみが3つの期間全てで増加傾向にあった。

(オ) 9月 (図3-5)

3つの期間全てで、5局とも増加傾向にあった。1990~1999年度の期間においては、5局とも正の傾きを示したが、市役所局を除く4局は、ほぼ横ばいであった。2000年度以降の近年は、5局とも増加傾向にあり、増加率は5局平均で0.60 ppb/年であった。市役所局は、経年的に増加率が大きくなっていった。

(カ) 5~9月の総括 (図3-6)

5、8、9月は解析期間を通して、5局平均で、どの期間も増加傾向を示したが、6、7月は1990~1999年度の期間において、減少傾向を示し、特に7月の減少率は-0.50 ppb/年と大きかった。2000年度以降の近年では、どの月も増加傾向にあったが、特に5月(5局平均で0.96 ppb/年)、6月(5局平均で0.79 ppb/年)の増加率が大きかった。5月は、3つの期間全てで増加傾向にあり、増加率も他月と比較すると大き

かった(5局平均で1980~1989年度:1.05ppb/年, 1990~1999年度:0.61ppb/年, 2000~2008年度:0.96ppb/年)。

なお, 気温が高く, 紫外線強度も大きいことで光化学反応が促進されやすい7, 8月よりも, 5月のOx濃度平均値の増加率が大きかったのは, 他地域からのOxの移流による影響が近年, 大きくなってきているためと推察できる。

ウ Ox濃度ランク別(20ppb毎)出現率とOx濃度60ppb以上の濃度ランク出現率(図4)

選定5局のOx濃度を20ppb毎(0~19ppb, 20~39ppb, …, 100~119ppb, 120ppb以上)にランク分けし, 各濃度ランクの出現時間の割合を出現率として, 経年変化の解析・検討を行った。

Ox濃度20ppb毎の出現率を経年的にみると, 0~19ppb濃度ランクの出現率は1978~1984年度にかけて, 60%程度あったが, 1985年度以降は経年的に減少していき, 2005年度以降は40%以下の出現率となった。それに対し, 20ppb以上濃度ランクの出現率は, 1985年度以降, 経年的に増加していき, 特に40~59, 60~79ppb濃度ランクでの出現率が相対的に大きく増加していた。²⁾

Oxの環境基準である60ppb以上の濃度ランクの出現率をみても, 1984年度を底にそれ以降は, 明確な増加傾向にあり, 2004年度以降は7%を超える出現率となり, 近年のOx濃度の上昇状況を反映する結果となった。

エ Ox濃度(60ppb以上または120ppb以上)出現頻度と発令回数との関係

選定5局のOx濃度60ppb以上の出現率または120ppb以上の出現時間数と発令回数の経年変化について, 解析・検討を行った。

(7) 選定5局のOx濃度60ppb以上の濃度ランク出現率と光化学スモッグ注意報の発令回数(図5-1-1, 図5-1-2)

Ox濃度60ppb以上の濃度ランク出現率は, 1976~1981年度にかけて明確な減少傾向にあり, 1981年度を底にそれ以降は増加傾向にあった。局毎に見ると, 1980年代中頃までは醍醐局の出現率が最も多かったが, 1987年度以降は, 左京局の出現率が最も多くなった。時系列グラフ及び関連グラフからみると, 出現率と発令回数の間には明確な相関は認められなかったが, 2004年度以降では, 5局とも出現率が6%を超え, 発令回数も増加傾向にあった。

(4) 選定5局のOx濃度120ppb以上の出現時間数と光

化学スモッグ注意報の発令回数(図5-2-1, 図5-2-2)

Ox濃度120ppb以上の出現時間数は, 解析期間を通して, 醍醐局が最も多い傾向にあった。解析期間を通してみると, 1985~1992年度の期間において, 120ppb以上の出現が目立った。1992年度の顕著な出現を最後にそれ以降の出現時間数は各局とも10時間以下とあまり多くなかったが, 2004年度以降においては, 出現時間数が再び増加しつつある。なお, 120ppb以上出現時間数と発令回数との間には明確な相関関係は認められなかった。ただし, 1992年度のように非常に出現時間数が増加した場合は発令回数もそれに比例して増加し, 反対に1990年代のように出現時間数が明らかに少ない場合は発令回数も少なくなる傾向にはなかった。

(2) 光化学スモッグ注意報発令日における一般環境大気測定局の状況と傾向

ア 注意報発令日にOx濃度が120ppb以上となった測定局の出現状況(図6-1, 図6-2)

発令日にOx濃度が120ppb以上となった日数及びその割合を2000~2009年度の期間について, 測定局毎に集計し, 検討を行った。

京都市における光化学スモッグ注意報の発令地域は京都市全域として設定されているが, 同注意報が発令された場合, 必ずしも, 市内全局のOx濃度が, 120ppb以上になっているわけではない。解析期間を通してみると, 2000年代前半は, 市役所局と伏見局が発令日に120ppb以上となる割合が多かったが, 2000年代後半は, 西京局と久我局の割合が目立ってきており, Oxが高濃度になりやすい地域が経年的に変化していることが認められた。また, 解析期間を通して, 発令日に120ppb以上となった割合は醍醐局が85.3%(29回/34回)と最も多く, 反対に, 北局は17.6%(6回/34回)と最も少なかった。解析期間を通しての全局の出現率の平均は59.4%であったことから, 注意報が発令された場合, 京都市街地域(測定局が設置されている地域)の60%程度の範囲で120ppb以上になると考えられる。

イ 注意報発令日にOx濃度が最初に120ppbに到達した回数とOx濃度が最後まで120ppb以上を継続していた回数の測定局の状況(図7-1, 図7-2)

発令日にOx濃度が最初に120ppb以上に到達した回数及びOx濃度が最後まで120ppb以上を継続していた回数を測定局毎に集計し, 検討を行った。

なお、同時刻に複数の測定局が 120ppb 以上に達したり、最後まで 120ppb を持続していた時刻が同じである測定局が複数存在したりするために発令回数と各測定局の合計回数は同じにはならない。

(7) 注意報発令日に 0x 濃度が最初に 120ppb 以上に到達した回数 (図 7-1)

解析期間を通してみると、発令日に 0x 濃度が最初に 120ppb 以上に到達した回数については、左京局が 34 回中 16 回 (47.1%) と最も多く、その次が壬生局と醍醐局で 14 回 (41.2%)、次いで西京局と久我局で 12 回 (35.3%) であった。反対に一番少なかったのは北局で 0 回 (0.0%) であった。左京局の 0x 濃度が最初に 120ppb 以上に到達しやすい傾向にあるのは、京都府南部地域や京都市街地域の中・南部域で排出された NOx や VOC 等の汚染物質が光化学反応を起こすことで 0x が生成され、夏季に優位になる南～南西の風により市街地域の北東部地域へ、さらに生成されながら流入していき、結果、左京地域に到達したときに 120ppb 以上の 0x 濃度に達することが多いためと考えられる。醍醐局、西京局や久我局の 0x 濃度が最初に 120ppb 以上に達しやすい傾向にあるのは、京都盆地または山科盆地の開放部に位置するために、京都府下の宇治地域や乙訓地域から 120ppb 以上の 0x が流入してきた際に、最初に影響を受けるためと考えられる。

(4) 注意報発令日に 0x 濃度が最後まで 120ppb 以上を持続していた回数 (図 7-2)

解析期間を通してみると、発令日に 0x 濃度が最後まで 120ppb 以上を持続していた回数については、左京局が 34 回中 17 回 (50.0%) と最も多く、次いで醍醐局で 15 回 (44.1%) であった。その他の局については、5～7 回 (14.7～20.6%) であり、北局 (3 回, 8.8%) と南局 (1 回, 2.9%) は少なかった。左京局の 0x 濃度が最後まで 120ppb 以上を持続しやすい傾向にあるのは、夏季の気象条件下において、京都府南部地域から流入してきたり、京都市街の中・南部域で生成されたりした 0x が収束する地域にあたり、また、滞留した 0x が拡散されにくい地形にあるためと考えられる。醍醐局の 0x 濃度が最後まで 120ppb 以上を持続しやすい傾向にあるのは、同局が位置する山科盆地は京都盆地と比較し、狭小であるために汚染物質が拡散されにくく、また、山科盆地の開放部に位置するために、宇治地域からの 0x の流入による影響も受けやすいため、0x 濃度が下がりにくい傾向にあると考

えられる。

ウ 注意報発令日におけるエリア別の 0x 濃度 120ppb 到達時刻と最高濃度到達時刻 (図 8)

2000～2009 年度の期間の発令日における、0x 濃度が 120ppb に到達する時刻と 0x 濃度が最高濃度に到達する時刻について、京都市街地域を 3 つのエリアに分けて解析・検討を行った。エリアの分け方としては、京都盆地または山科盆地の開放部に位置する測定局 (伏見局、西京局、久我局、醍醐局) を南部エリア、中央部に位置する測定局 (市役所局、壬生局、南局、山科局) を中部エリア、北部に位置する測定局 (左京局、北局) を北部エリアとした。

一般的に、京都市における汚染物質の挙動については、南～南西の風の時に市内の汚染濃度が高くなる傾向にある。そのため、地元 (局地的) での NOx や VOC 等の排出量で大差がない場合、すなわち、南～南西の風による移流による寄与が大きい場合は、南部エリア→中部エリア→北部エリアの順に汚染物質が到達することになる。しかし、図 8 からは、そのような傾向がみられる場合もあったが、そのような傾向がみられない場合もあった。結果、エリア別での 0x 濃度 120ppb 到達時刻と 0x 最高濃度到達時刻については、一定の傾向を見出せなかった。

なお、解析期間 (2000 年度を除く) において、0x 濃度が 120ppb に到達してから最高濃度に到達するまでの時間差は、全てのエリアにおいて、1 時間以内であった。

エ 注意報発令日における 0x 濃度 120ppb 以上の継続時間 (図 9-1, 図 9-2)

2000～2009 年度の期間の発令日において、0x 濃度が 120ppb 以上を継続していた時間について、測定局毎に解析・検討を行った。図 9-1 は各年度における各測定局の平均継続時間、図 9-2 は解析期間 (2000～2009 年度) における各測定局の継続時間の出現回数をまとめたものである。

(7) 注意報発令日に 0x 濃度が 120ppb 以上を継続していた平均時間 (図 9-1)

解析期間を通して、左京局の平均継続時間が長い傾向にあった。2004 年度以降の近年では、西京局や醍醐局の平均継続時間が他局に比べると長い傾向にあった。全般的な傾向としては概ね 1～2 時間程度の継続時間であった。

(4) 注意報発令日に 0x 濃度が 120ppb 以上を継続していた時間別の出現回数 (図 9-2)

発令日に 0x 濃度が 120ppb 以上を継続していた時間

別の出現回数を全 10 局で見ると、解析期間における総計 202 回の内、1 時間のみ継続が 70 回 (34.7%)、2 時間の継続が 63 回 (31.2%) と 1 時間ないし 2 時間の継続が 133 回 (65.8%) と全体の約 2/3 の割合であったが、3 時間以上継続していた割合も 69 回 (34.2%) と全体の 1/3 の割合にあった。3 時間以上継続した回数の内訳は、3 時間の継続が 35 回 (17.3%)、4 時間の継続が 16 回 (7.9%)、5 時間の継続が 10 回 (5.0%)、6 時間の継続が 7 回 (3.5%)、7 時間の継続が 1 回 (0.5%) と 5 時間以上の継続も 18 回 (8.9%) と決して少なくはなかった。

測定局毎にみると、ほぼ全局で 1 時間ないし 2 時間の継続の出現割合が 63.6~83.3% と全 10 局の傾向と類似していた。しかし、左京局については 1 時間ないし 2 時間の継続の出現割合が 27.3% と少なく、反対に 3 時間以上継続が 72.7% と非常に多い割合となった。継続時間の 10 局平均は、2.26 時間であった。測定局毎にみると、左京局が 3.09 時間と継続時間が最も長い傾向にあり、次が壬生局で 2.60 時間、継続時間が最も短い傾向にあったのは市役所局で 1.83 時間であった。以上のことから、左京局は、高濃度 O_x の影響を受けるとその状態が最も長く継続される傾向にあり、滞留した汚染物質が拡散されにくい状況にあると推察できる。なお、壬生局と市役所局は地理的に近傍にあるにもかかわらず、継続時間で差がみられた。その理由については、地形的特色、汚染特性、気象要因等の解析を行い、解明する必要がある。

(3) 京都市における高濃度 O_x の経時的な挙動と気象条件との関係について

京都市の平地部 (市街地域) は、東山連峰を境に、平地の大部分を占める京都盆地 (西側) と山科・醍醐地域が占める山科盆地 (東側) の 2 つに大別できる。両盆地とも三方が山で囲まれ、また、南部が開放されているために、南~南西の弱い風のときに、汚染物質が京都府南部地域から流入し、市内の汚染物質の濃度が上昇しやすい傾向にある。実際、光化学反応による緊急時対策期間 (5~9 月) において、 O_x が生成・輸送されやすい気象条件にあった場合、京都府の宇治地域または乙訓地域の O_x 濃度が上昇した後、京都市南部地域から順番に左京地域へと O_x が移流するパターンが多く見られる。今回、京都市南部地域から左京地域への O_x の移流が明瞭にみられた光化学スモッグ注意報発令日 (2009 年 6 月 25 日) の O_x 濃度及びポテンシャルオゾン (PO) 濃度の日変動パターンと気象条件との関係につ

いて解析・検討を行った。

ア 京都市における汚染物質輸送モデル (図 10)

図 10 は、京都市の一般環境大気測定局の配置と汚染物質の輸送モデルを示した地図である。図 10 中の左側の矢印が京都盆地における輸送モデル、図 10 中の右側の矢印が山科盆地における輸送モデルを表している。

イ 解析日 (2009 年 6 月 25 日) の天気図 (図 11)

当日の天気は、沖縄を除き、日本付近は概ね晴れており、西日本と北日本の日本海側では真夏日のところもあった。³⁾ また、西日本では、等圧線の幅は広く、気圧傾度は小さかったことから、生成された O_x が地域循環風により移流しやすい気象条件にあったと考えられる。

ウ 京都盆地及び山科盆地における O_x 濃度の経時変化 (図 12-1~図 12-3)

解析日の O_x の移流をみるために、京都盆地及び山科盆地における O_x 濃度の経時変化の解析を行った。移流を解析するにあたっては、 O_x 濃度のピークの経時的なズレや高濃度 O_x の継続状況をみることで検討を行った。また、京都盆地における移流をより明瞭にするために京都盆地については 2 パターンの移流ルートを設定し、それぞれについて検討を行った。今回、設定した移流ルートは、京都盆地① (西京局→左京局ライン) : 西京局→壬生局→市役所局→左京局、京都盆地② (久我局→左京局ライン) : 久我局→南局→市役所局→左京局、山科盆地 (醍醐局→左京局ライン) : 醍醐局→山科局→左京局の 3 ルートである。

(7) 京都盆地① (西京局→左京局ライン) (図 12-1)

15 時に西京局が最高濃度に到達、16 時に壬生局、市役所局、左京局が最高濃度に到達した。 O_x 濃度が 120ppb 未満になった時刻は西京局、壬生局、市役所局の順であり、左京局が最後まで継続していた。以上の点から、西京局→壬生局→市役所局→左京局へと O_x が輸送途中でも生成されながら、移流していったと示唆できる。

(4) 京都盆地② (久我局→左京局ライン) (図 12-2)

15 時に久我局が最高濃度に到達、16 時に南局、市役所局、左京局が最高濃度に到達した。 O_x 濃度が 120ppb 未満になった時刻は久我局、南局、市役所局の順であり、左京局が最後まで継続していた。以上の点から、久我局→南局→市役所局→左京局へと O_x が輸送途中でも生成されながら、移流していったと示唆できる。

(5) 山科盆地 (醍醐局→左京局ライン) (図 12-3)

15時に醍醐局が最高濃度に到達、16時に山科局、左京局が最高濃度に到達した。Ox濃度が120ppb未満になった時刻は醍醐局、山科局の順であり、左京局が最後まで継続していた。以上の点から、醍醐局→山科局→左京局へとOxが輸送途中で生成されながら、移流していったと示唆できる。

エ 京都盆地及び山科盆地におけるPO濃度の経時変化(図13-1～図13-3)

Ox汚染の解析はオゾン(O₃)濃度を指標として進められることが多いが、O₃は、一酸化窒素(NO)により容易に分解されるため、その濃度変動が生成によるものか、NOによる分解によるものかを判断することが困難である。そこで、O₃のNOによる分解を補正したPOを指標として用いることでOx汚染特性の解明を行うことがある。特に、都市域でのOx挙動解明やNOxの排出量が大きく異なる地点間でOx濃度を比較する際には、POの検討をした方が良いと考えられている。⁴⁾よって、今回は、解析日のPO濃度の経時変化についての解析も行った。

POに関しては、一次排出されたNO₂を総NOx排出量の1割(α=0.1)と仮定し、次式によってPO濃度を算出した。

$$[PO] = [Ox] + [NO_2] - 0.1[NOx]$$

(ア) 京都盆地①(西京局→左京局ライン)(図13-1)

3-(3)-ウ-アと同様の結果となった。すなわち、15時に西京局が最高濃度に到達、16時に壬生局、市役所局、左京局が最高濃度に到達した。PO濃度が120ppb未満になった時刻は西京局、壬生局、市役所局の順であり、左京局が最後まで継続していた。

(イ) 京都盆地②(久我局→左京局ライン)(図13-2)

3-(3)-ウ-イと同様の結果となった。すなわち、15時に久我局が最高濃度に到達、16時に南局、市役所局、左京局が最高濃度に到達した。PO濃度が120ppb未満になった時刻は久我局、南局、市役所局の順であり、左京局が最後まで継続していた。

(ウ) 山科盆地(醍醐局→左京局ライン)(図12-3)

16時に醍醐局、山科局、左京局が最高濃度に到達した。PO濃度が120ppb未満になった時刻は醍醐局、山科局の順であり、左京局が最後まで継続していた。

オ 京都盆地及び山科盆地における風向の経時変化(図14-1～図14-3)

解析日の気象条件を検討するために、移流ルート毎に風向の経時変化の解析を行った。

(ア) 京都盆地①(西京局→左京局ライン)(図14-1)

西京局→左京局ライン上にある測定局において、Oxが高濃度となり、上昇傾向にあった時間帯(13～16時)の風向をみると、概ね南～南西の風向が優位にあった。

(イ) 京都盆地②(久我局→左京局ライン)(図14-2)

久我局→左京局ライン上にある測定局において、Oxが高濃度となり、上昇傾向にあった時間帯(13～16時)の風向をみると、概ね南～南西の風向が優位にあった。

(ウ) 山科盆地(醍醐局→左京局ライン)(図14-3)

醍醐局→左京局ライン上にある測定局において、Oxが高濃度となり、上昇傾向にあった時間帯(13～16時)の風向をみると、概ね南～西南西の風向が優位にあった。

以上のことから、解析日の13～16時においては、京都盆地及び山科盆地共に南～南西の風が優位にあったために、京都府南部の宇治地域及び乙訓地域からOxが京都市南部地域に移流しやすく、また、京都市南部地域から左京地域へもOxが輸送されやすい気象条件にあったと言える。

4 まとめ

(1) Ox濃度年平均値は、1980～1984年度頃を底に、それ以降は、概ね明確な増加傾向にあったが、光化学スモッグ注意報発令回数は同様の傾向にはなかった。

(2) Ox濃度年平均値は経年的に増加傾向にあったが、発令回数が増加傾向になかったのは、Ox濃度の出現率が40～79ppb濃度ランクで顕著な増加傾向にあり、発令レベル(120ppb以上)では明確な増加傾向になかったためと推察できる。

(3) 月毎のOx濃度の変化率では、5月が解析期間を通して常に増加傾向にあり、増加率も他月と比較すると大きかった。また、2000年度以降の近年では、どの月も増加傾向にあったが、特に5月の増加率が5局平均で0.96ppb/年と大きかった。

(4) 光化学スモッグ注意報発令日に最も早くOx濃度が120ppb以上に到達した回数及び最後までOx濃度が120ppb以上に持続されていた回数については、左京局が最も多く、また、発令日におけるOx濃度120ppb以上の継続時間は、10局平均では2.26時間であったが、左京局は3.09時間と最も長い傾向にあったことから、左京局が最もOxによる影響を受けやすい傾向にあると言える。

5 今後の課題

京都市におけるOxの特徴としては、南に開放された内陸盆地であるために、南～南西の風のときに京都府南部地域から流入しやすく、さらに京都市南部地域から左京地域に輸送されやすい傾向にある。しかし、気象条件や局地的なOxの生

成によっては、そのような傾向を示さない場合もみられる。また、近年では、ヒートアイランドの発生、成層圏オゾンの降下、大陸からの移流等の要因がOx濃度上昇に関係しているとも言われている。⁵⁾ 今後も、京都市における光化学スモッグ注意報発令時のOxの挙動や気象条件の解析、またOxが高濃度となる原因の解明を引き続き行い、光化学スモッグの監視に資したい。

6 参考文献等

(1) 京都市の環境—平成20年度—:京都市環境局環境企画部環境管理課

- (2) 京都市における光化学オキシダント及び浮遊粒子状物質濃度 (C型共同研究 2009):執筆者 吉井克英 (京都市衛生公害研究所)
- (3) 気象庁 Japan Meteorological Agency 過去の気象データ (気象統計情報)
- (4) ポテンシャルオゾン (PO) に関する応用解析:国立環境研究所・C型共同研究グループ (POグループ)
- (5) 日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究:国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究平成16~18年度 最終報告

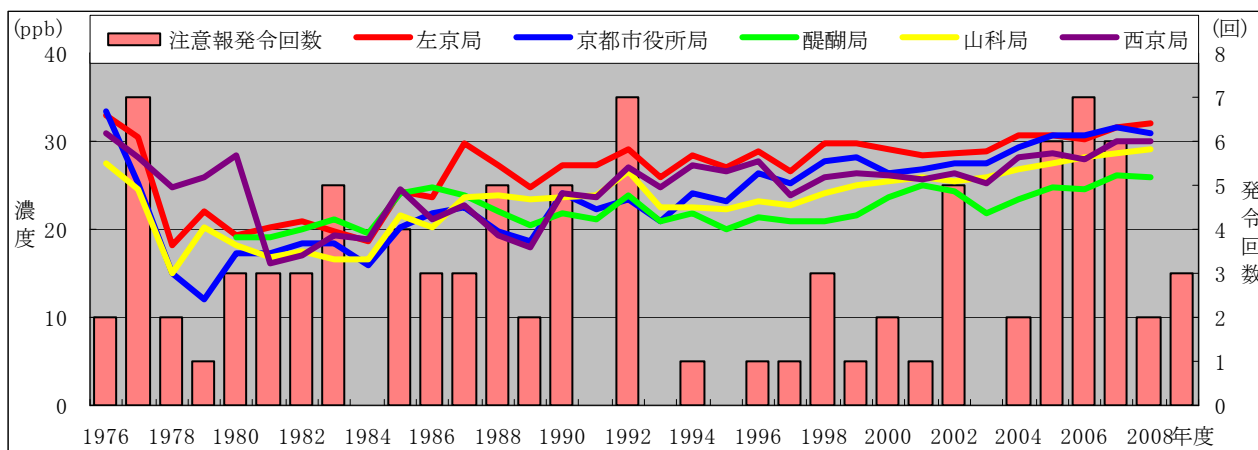


図1 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と選定5局のOx濃度の経年変化

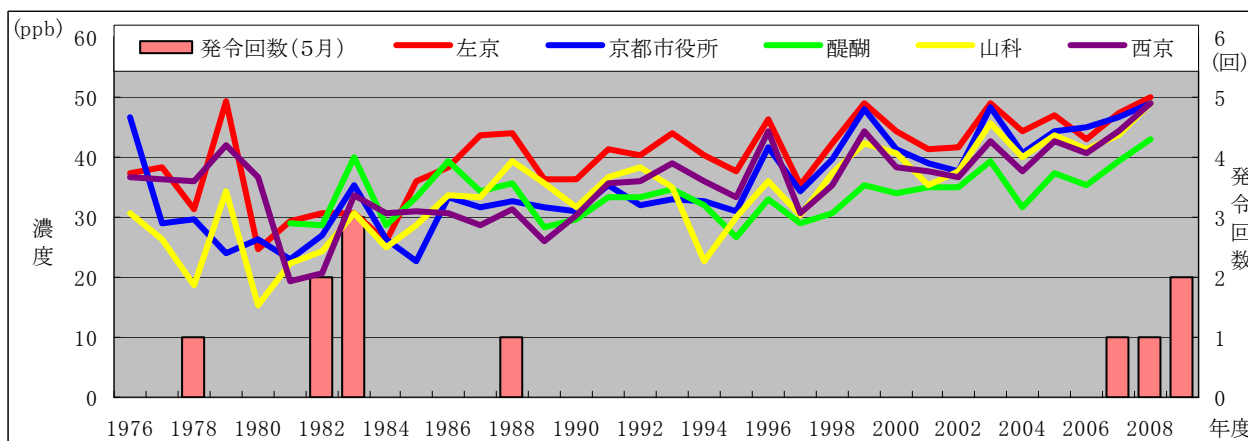


図2-1 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と選定5局のOx濃度の経年変化 (5月)

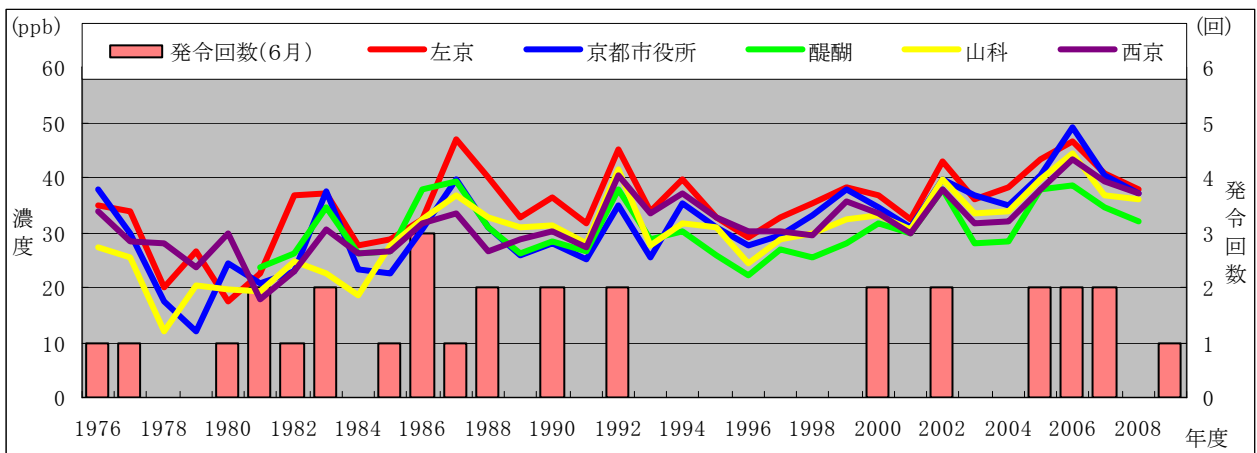


図2-2 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と選定5局のO_x濃度の経年変化(6月)

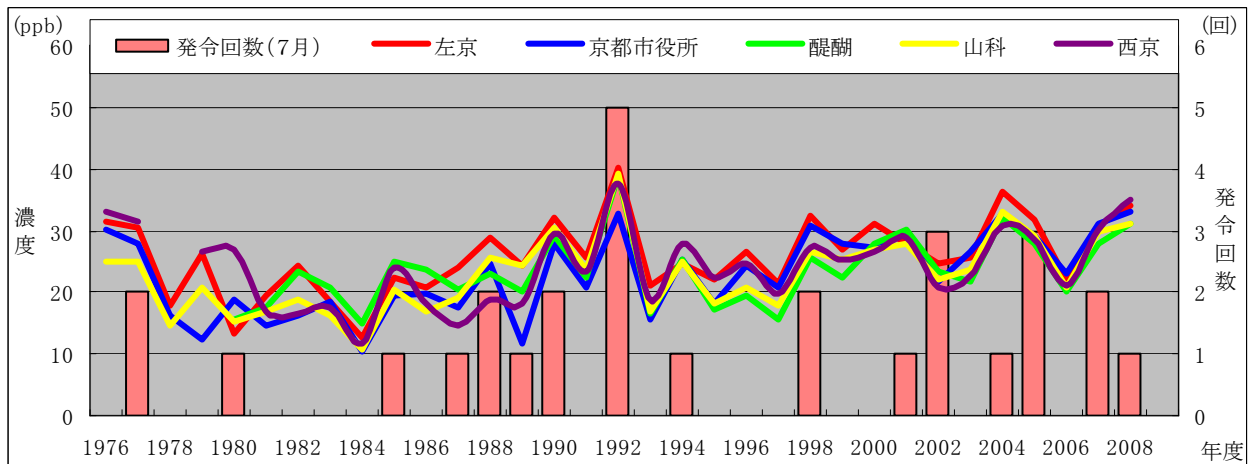


図2-3 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と選定5局のO_x濃度の経年変化(7月)

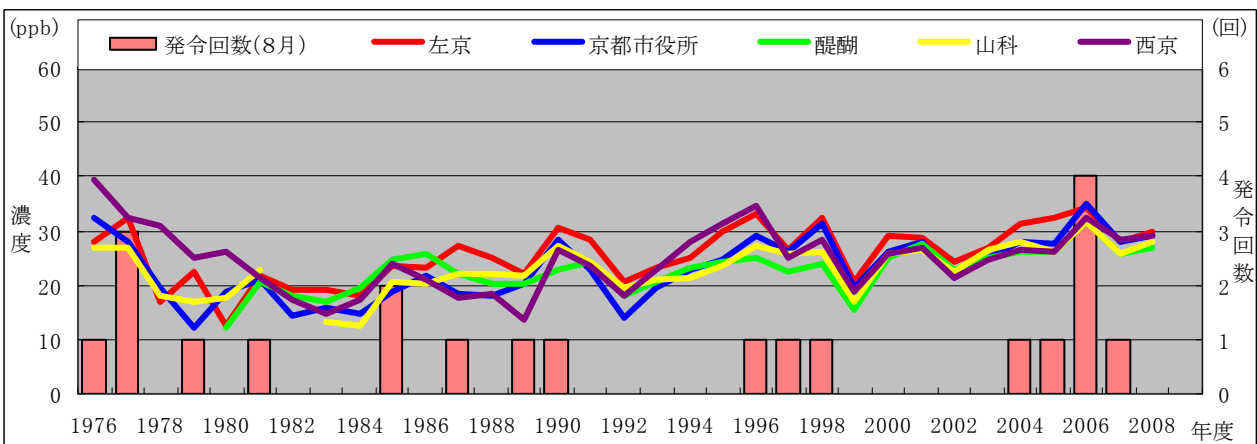


図2-4 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と選定5局のO_x濃度の経年変化(8月)

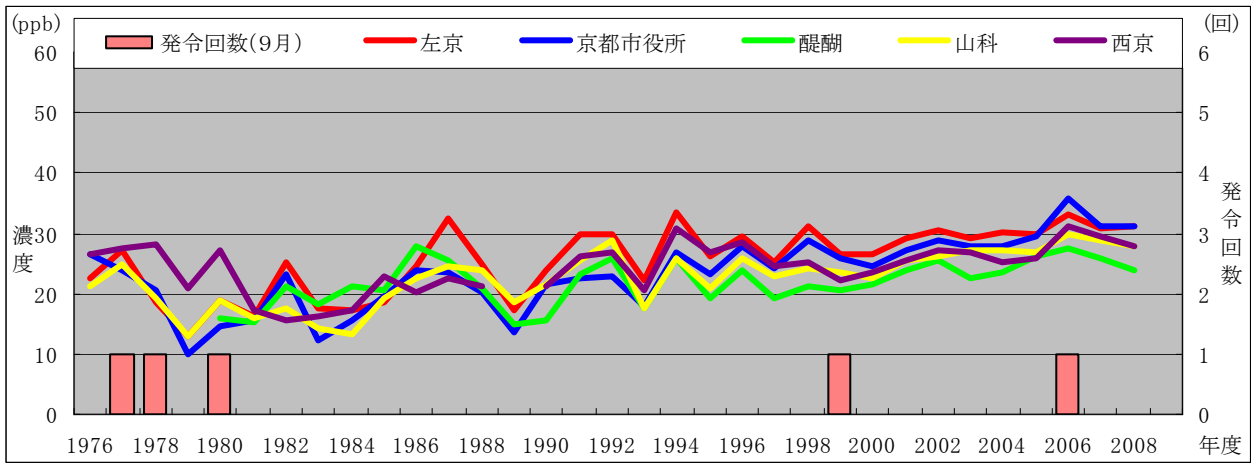


図2-5 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と選定5局のO_x濃度の経年変化(9月)

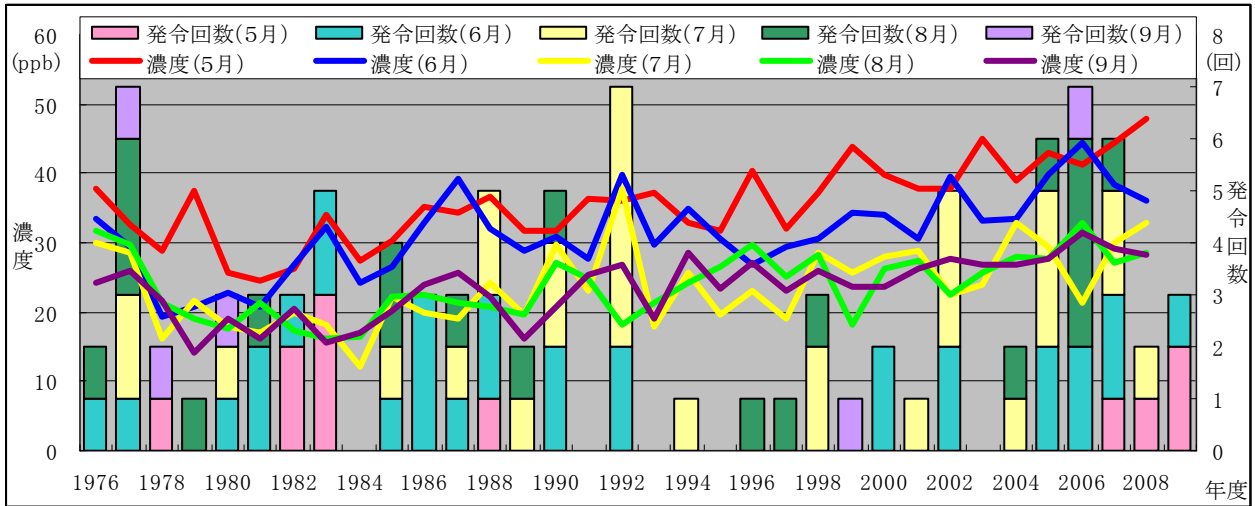


図2-6 京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数と月毎のO_x濃度の経年変化(5~9月)

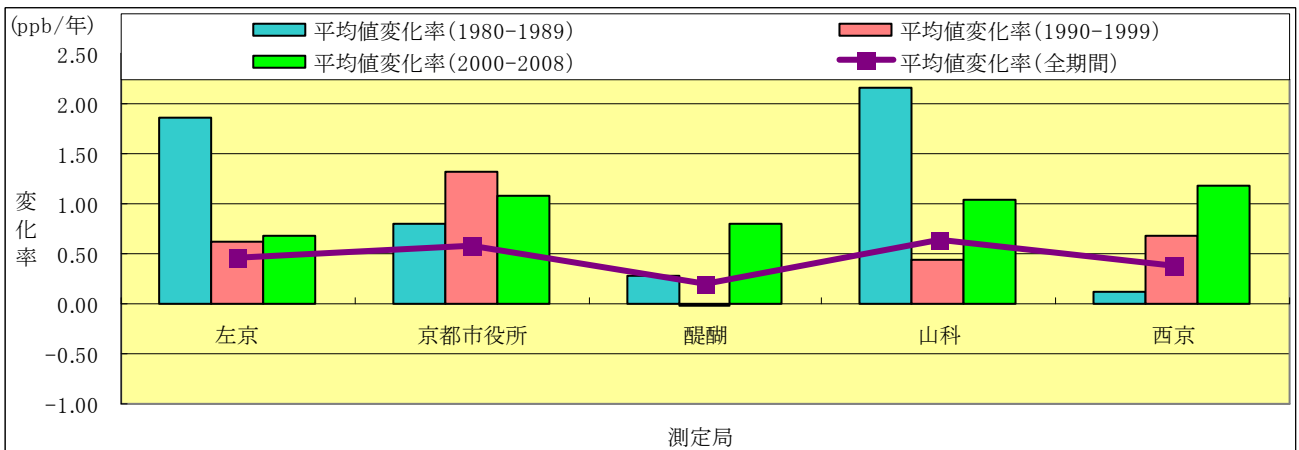


図3-1 選定5局のO_x濃度平均値の変化率(5月)

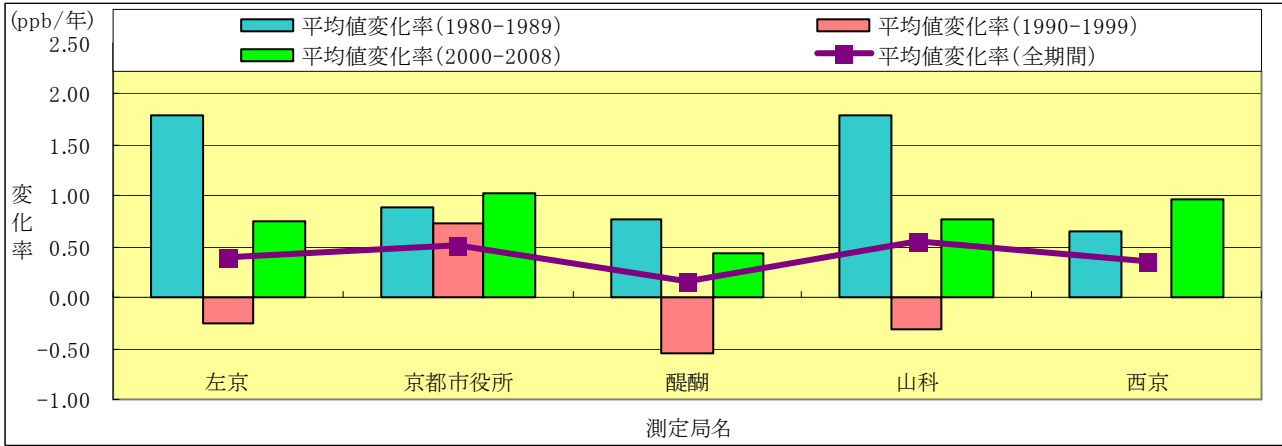


図3-2 選定5局のO_x濃度平均値の変化率(6月)

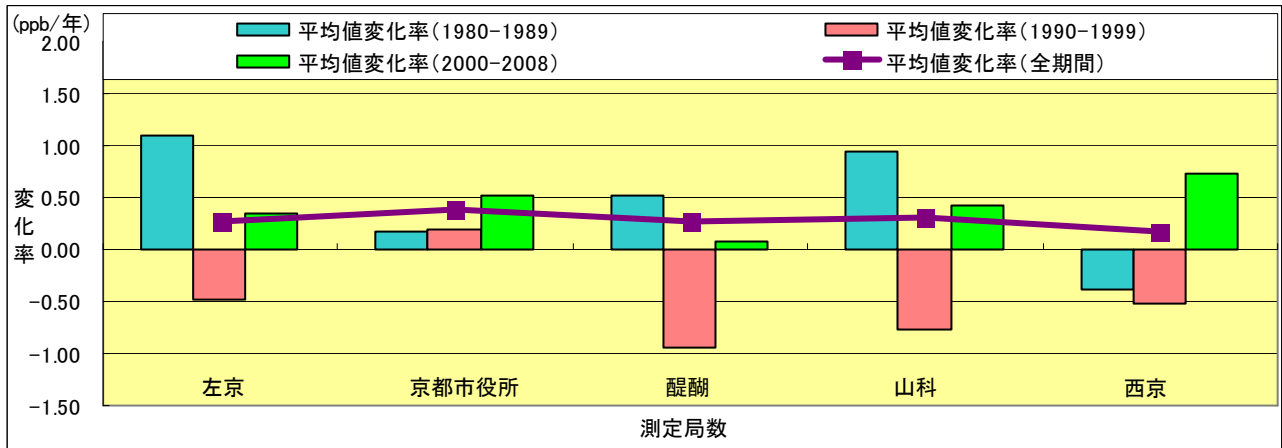


図3-3 選定5局のO_x濃度平均値の変化率(7月)

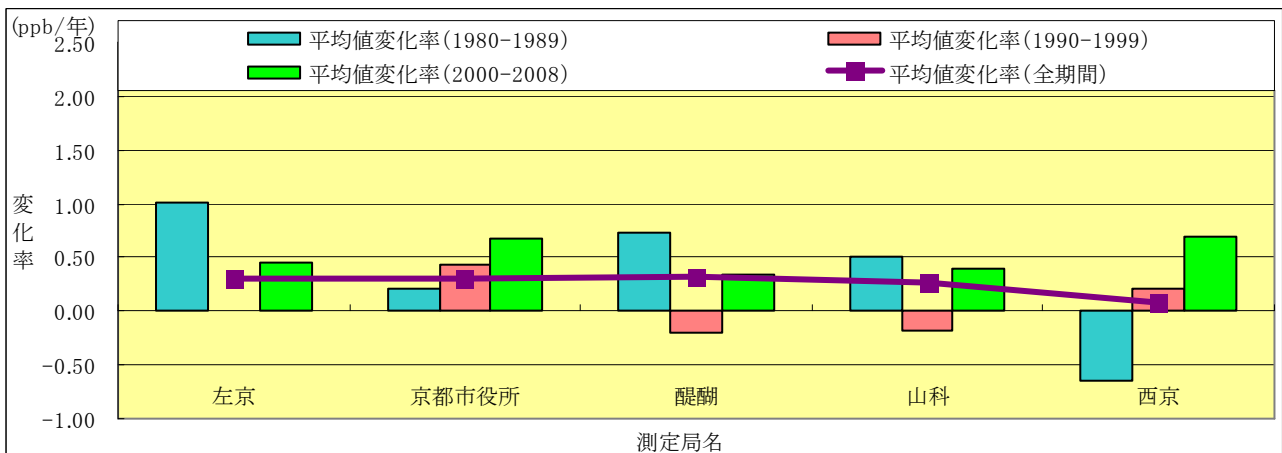


図3-4 選定5局のO_x濃度平均値の変化率(8月)

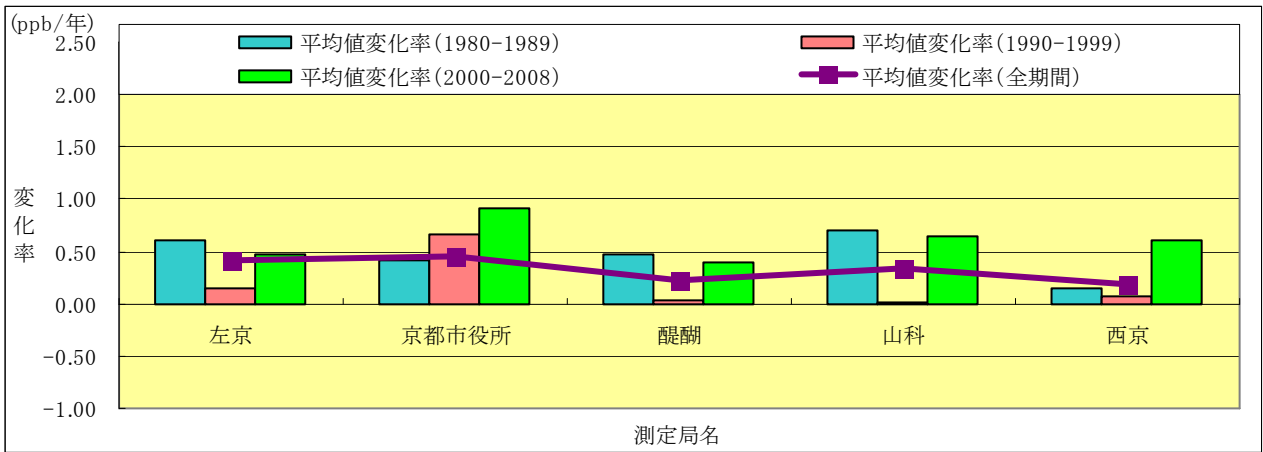


図3-5 選定5局のO_x濃度平均値の変化率(9月)

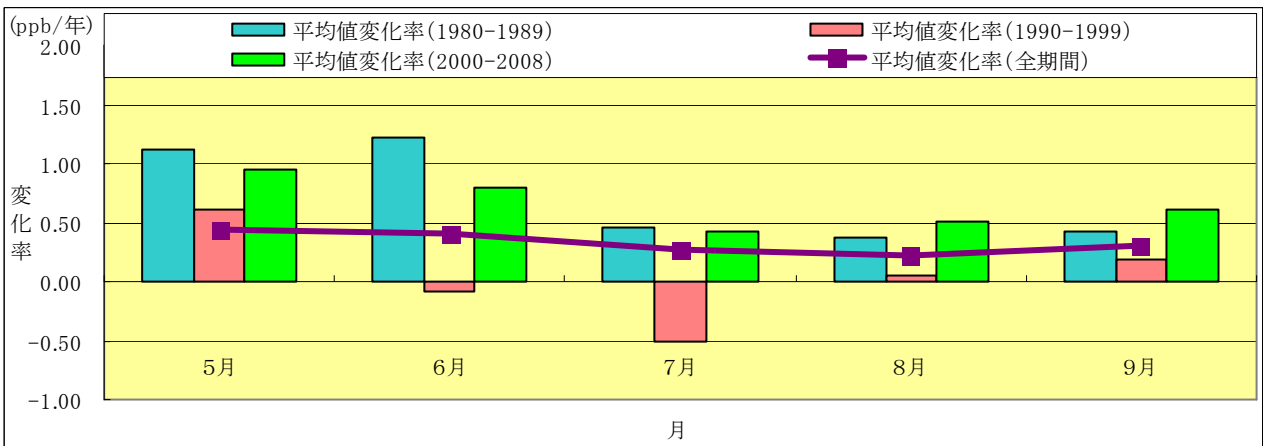


図3-6 選定5局のO_x濃度平均値の変化率(5~9月)

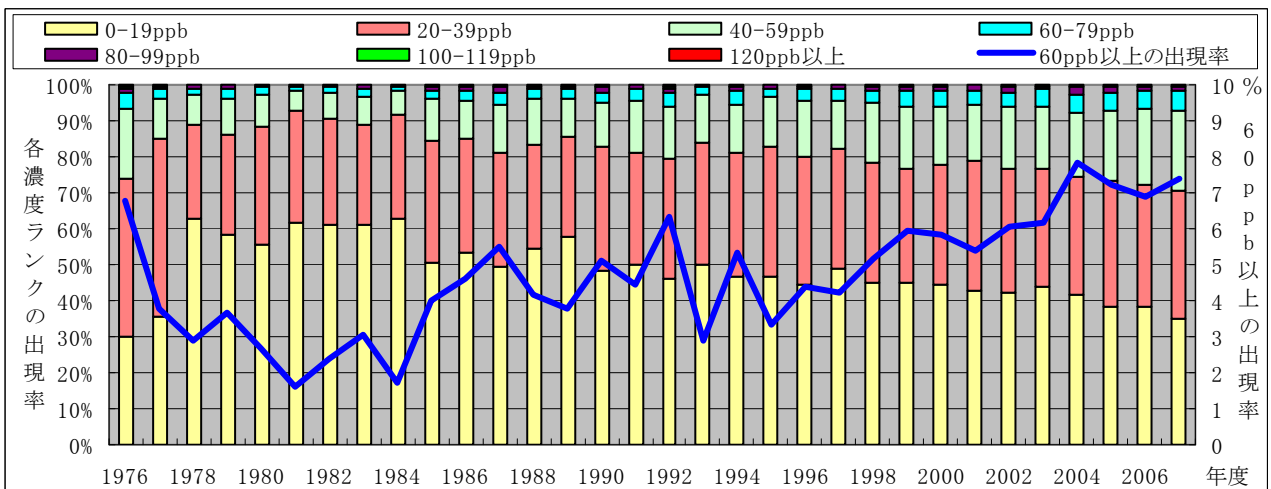


図4 O_x濃度ランク別(20ppb毎)出現率とO_x濃度60ppb以上の濃度ランク出現率

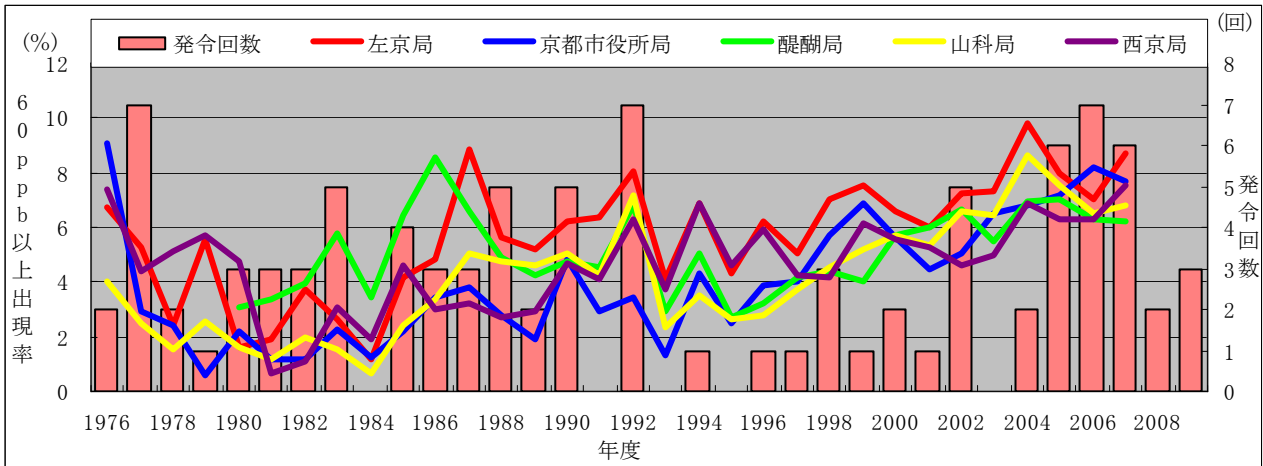


図5-1-1 選定5局のOx濃度60ppb以上の濃度ランク出現率と京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数

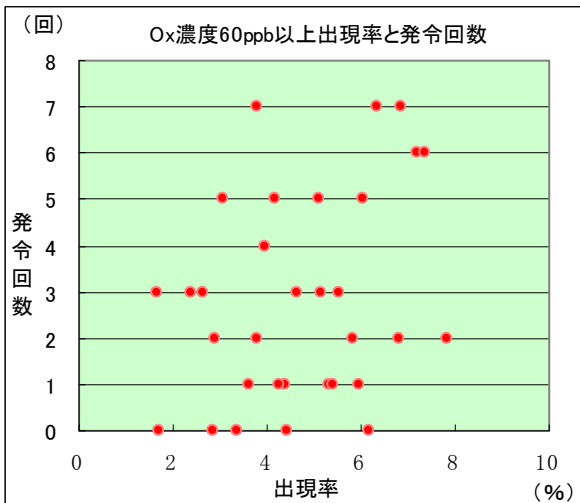


図5-1-2 Ox濃度60ppb以上出現率と発令回数(相関)

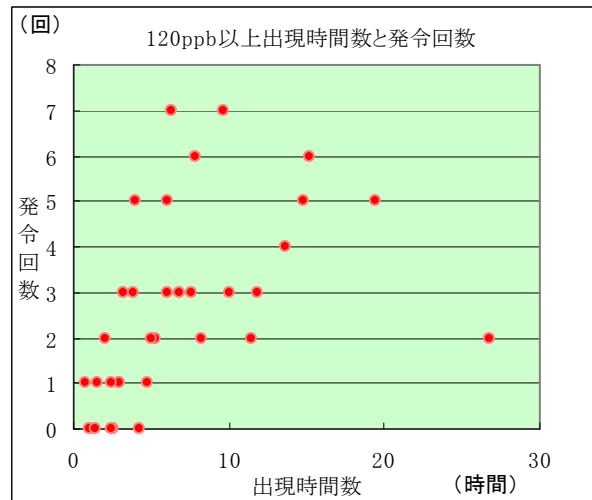


図5-2-2 Ox濃度120ppb以上出現時間数と発令回数(相関)

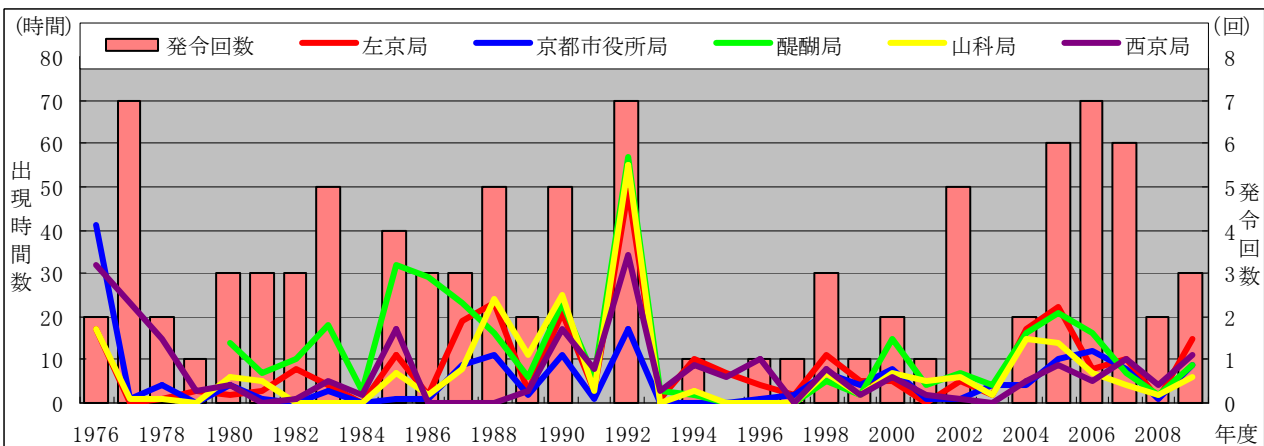


図5-2-1 選定5局のOx濃度120ppb以上の出現時間数と京都市における光化学スモッグ注意報の発令回数

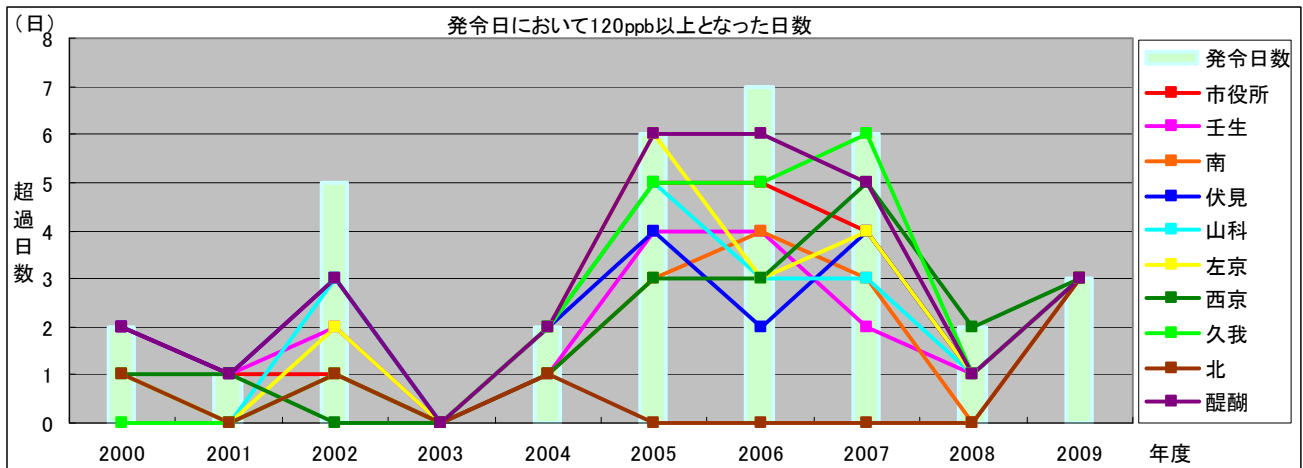


図6-1 光化学スモッグ注意報発令日にOx濃度が120ppb以上となった日数

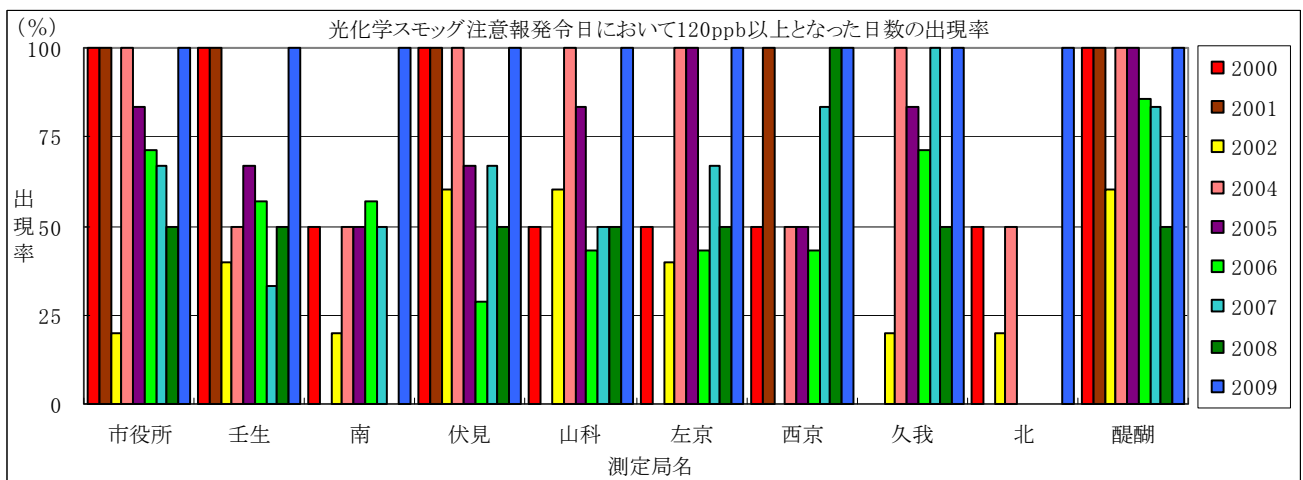


図6-2 光化学スモッグ注意報発令日においてOx濃度が120ppb以上となった日数の出現率

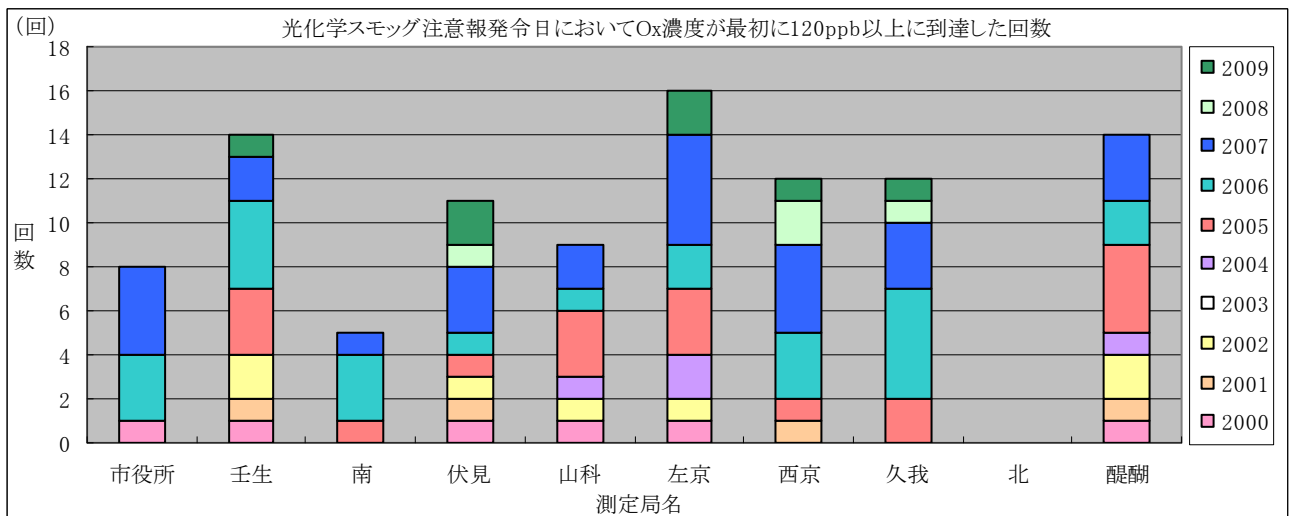


図7-1 光化学スモッグ注意報発令日においてOx濃度が最初に120ppb以上に到達した回数

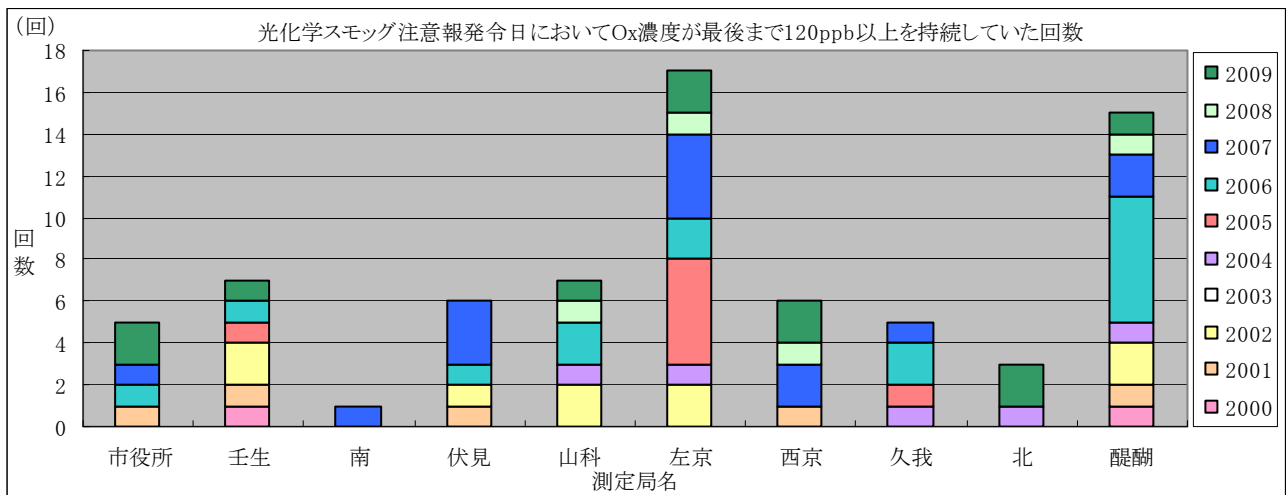


図7-2 光化学スモッグ注意報発令日においてO₃濃度が最後まで120ppb以上を持続していた回数

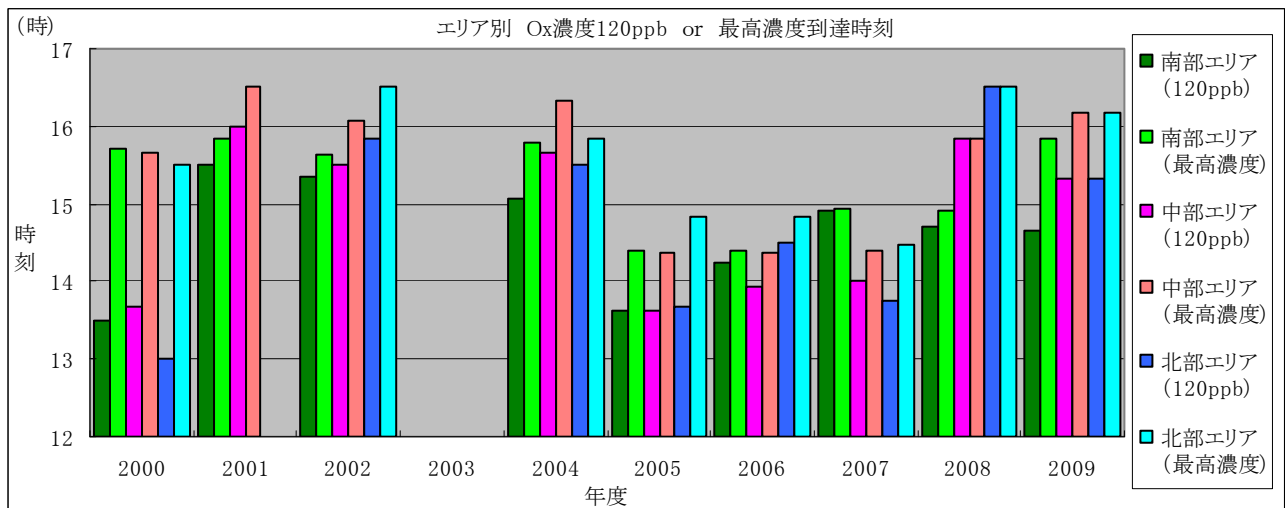


図8 光化学スモッグ注意報発令日におけるエリア別O₃濃度120ppb到達時刻と最高濃度到達時刻

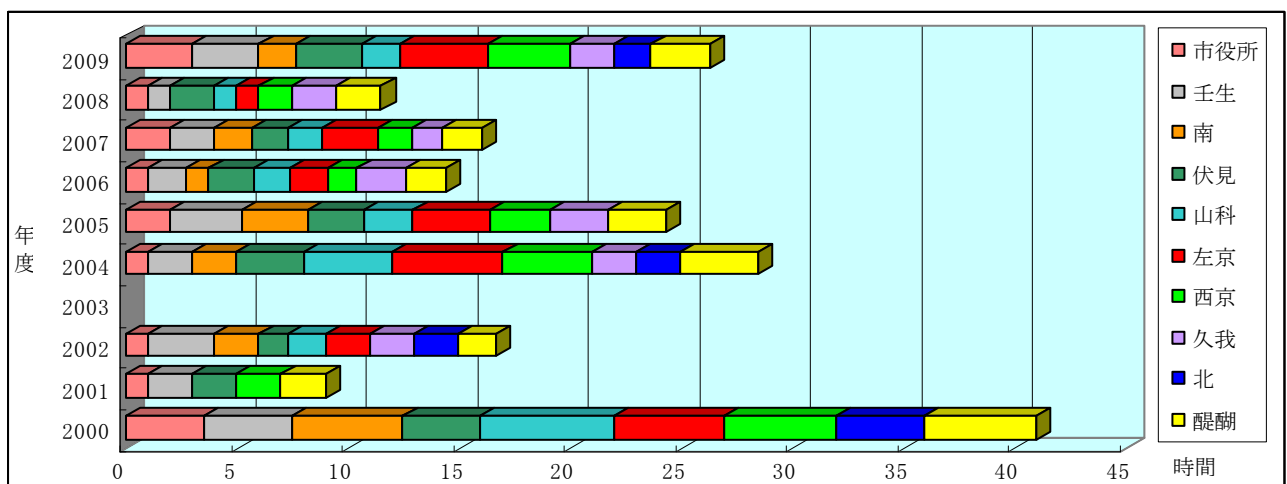


図9-1 光化学スモッグ注意報発令日にO₃濃度が120ppb以上を継続していた平均時間

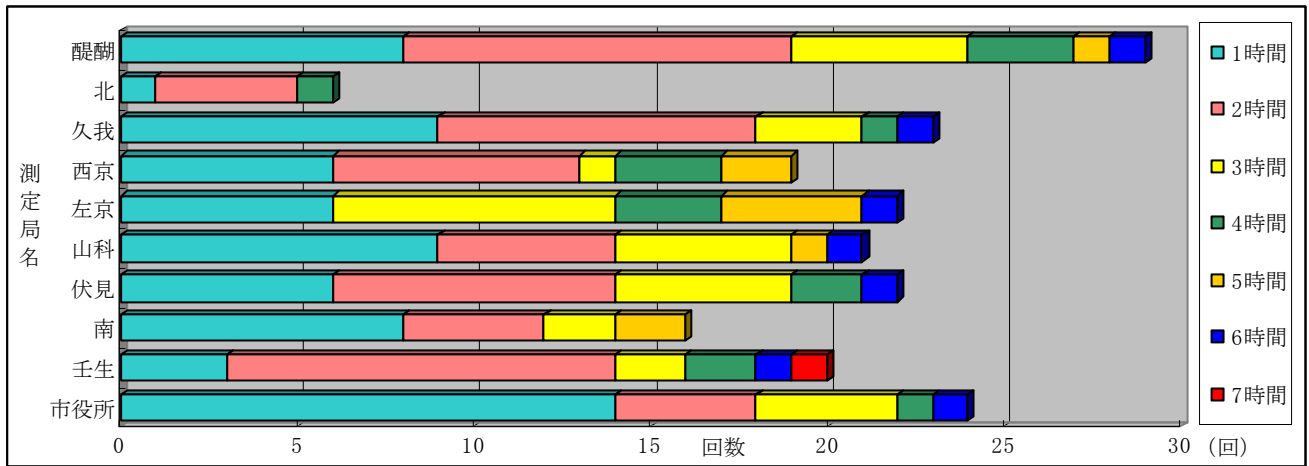


図9-2 光化学スモッグ注意報発令日に0x濃度が120ppb以上を継続していた時間の出現回数

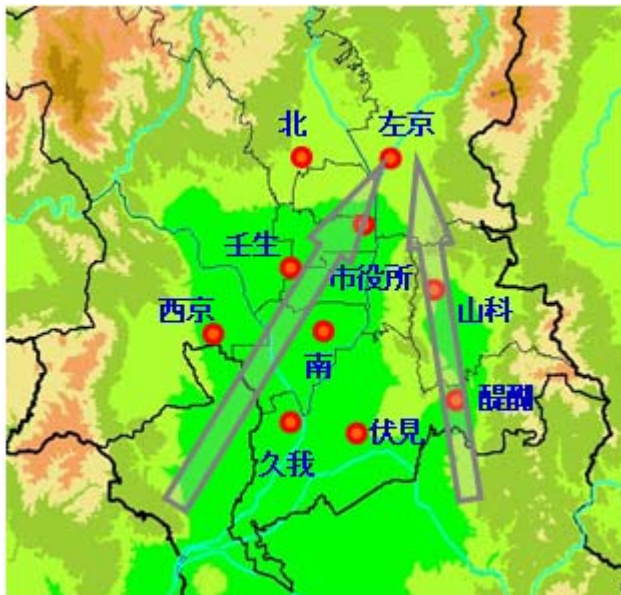


図10 京都市における汚染物質輸送モデル

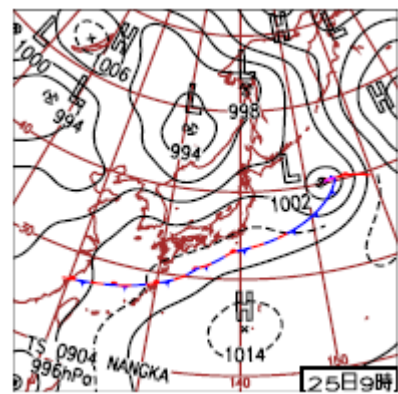


図11 天気図(2009年6月25日)

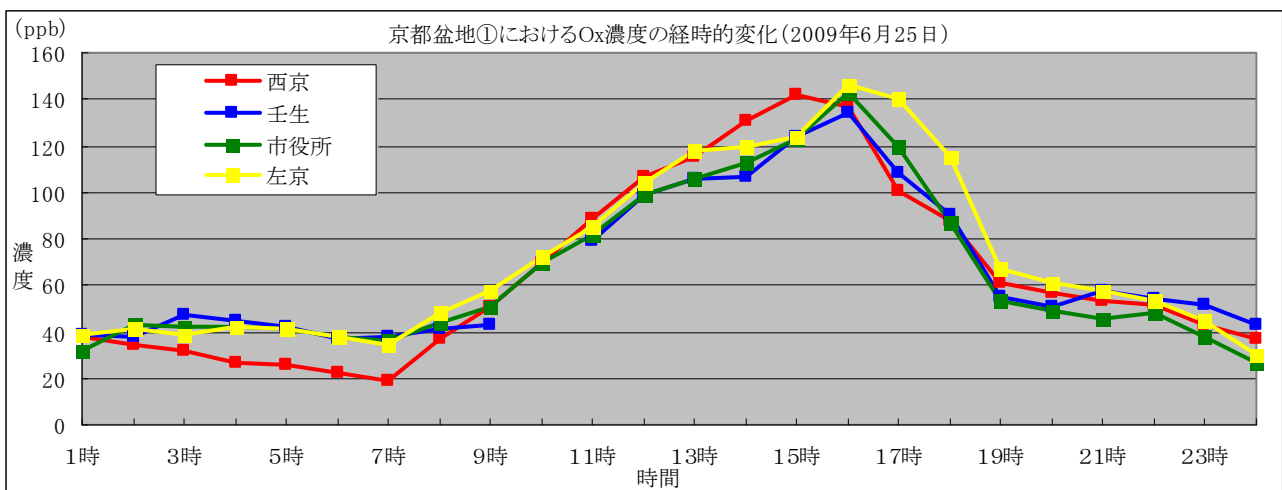


図12-1 京都盆地①(西京局-左京局ライン)における0x濃度の経時変化(2009年6月25日)

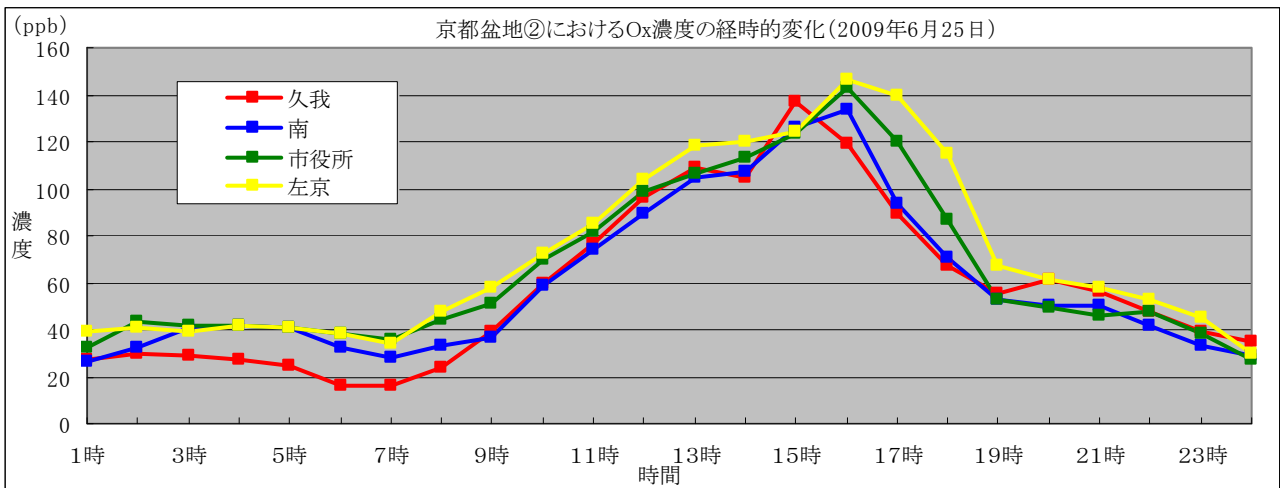


図1 2-2 京都盆地②(久我局-左京局ライン)におけるOx濃度の経時変化 (2009年6月25日)

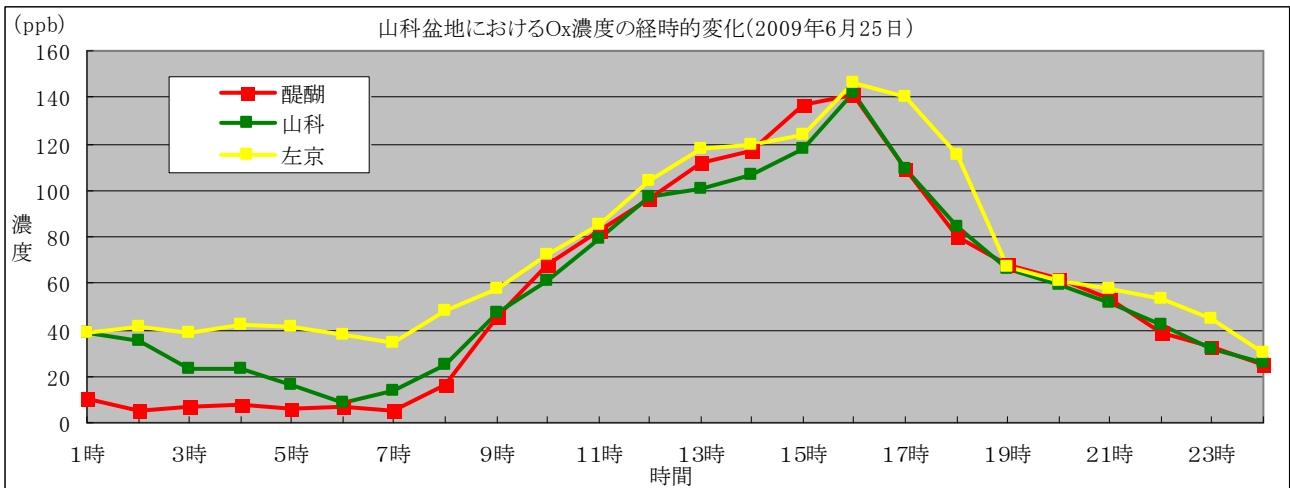


図1 2-3 山科盆地(醍醐局-左京局ライン)におけるOx濃度の経時変化 (2009年6月25日)

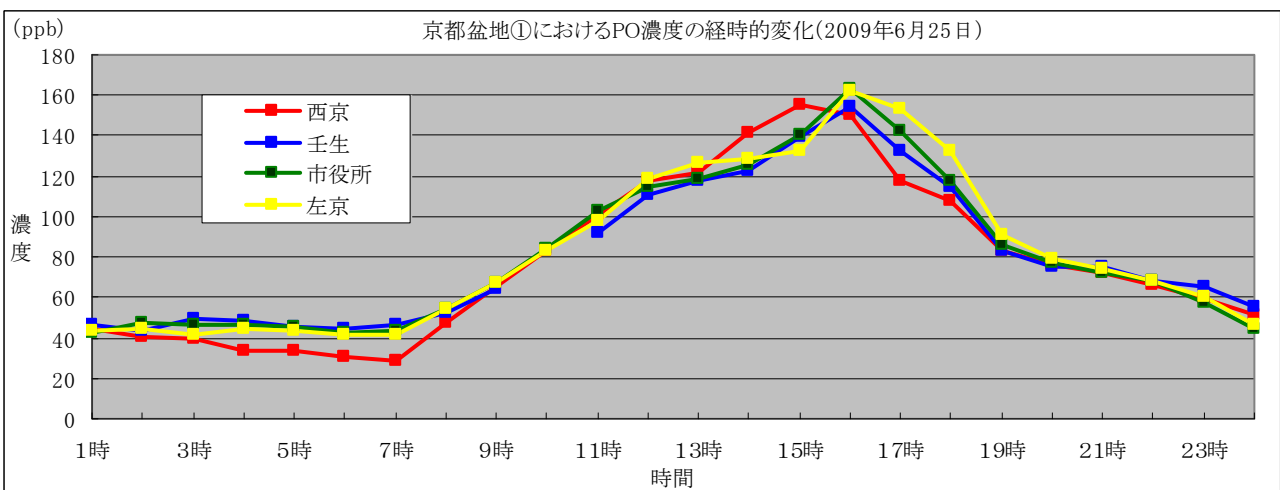


図1 3-1 京都盆地①(西京局-左京局ライン)におけるPO濃度の経時変化 (2009年6月25日)

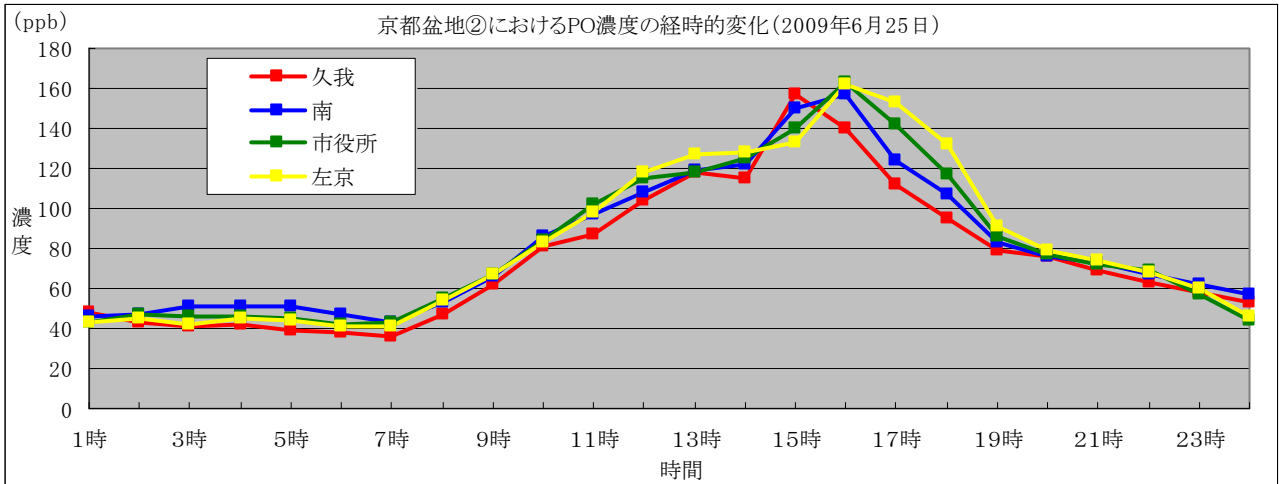


図13-2 京都盆地②(久我局-左京局ライン)におけるPO濃度の経時変化(2009年6月25日)

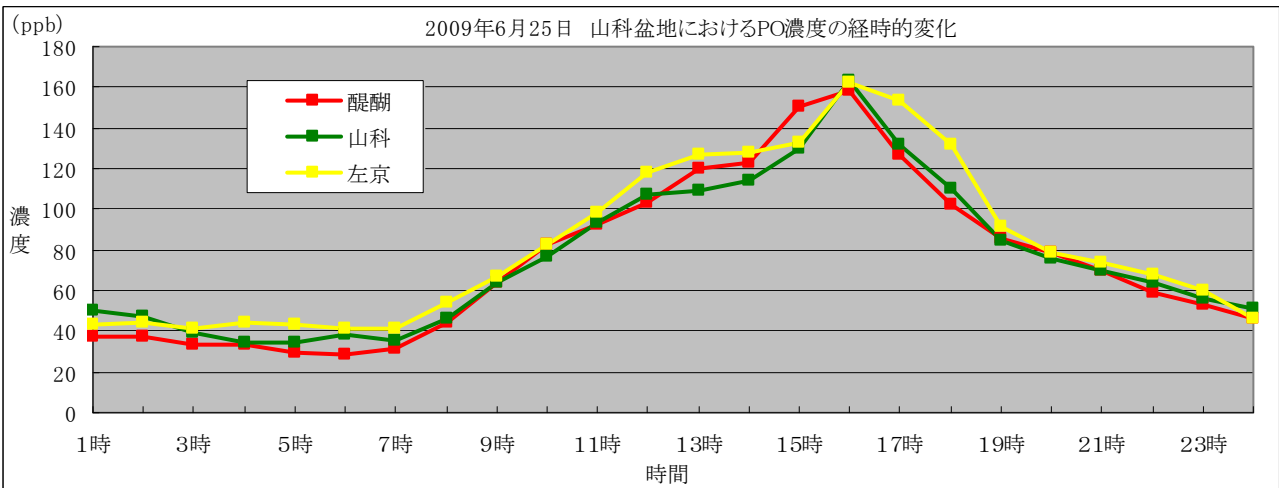


図13-3 山科盆地(醍醐局-左京局ライン)におけるPO濃度の経時変化(2009年6月25日)

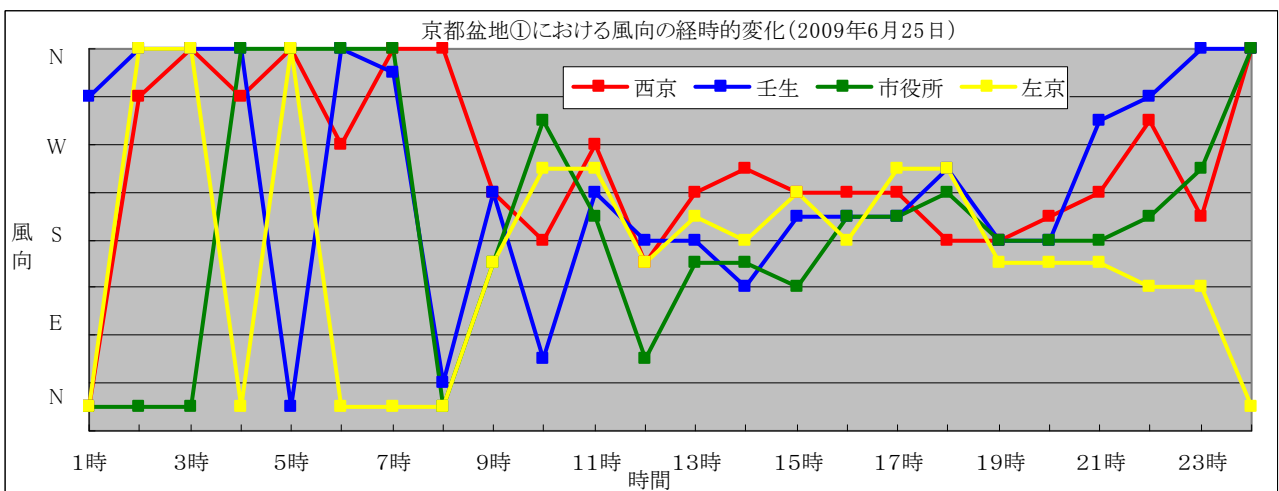


図14-1 京都盆地①(西京局-左京局ライン)における風向の経時変化(2009年6月25日)

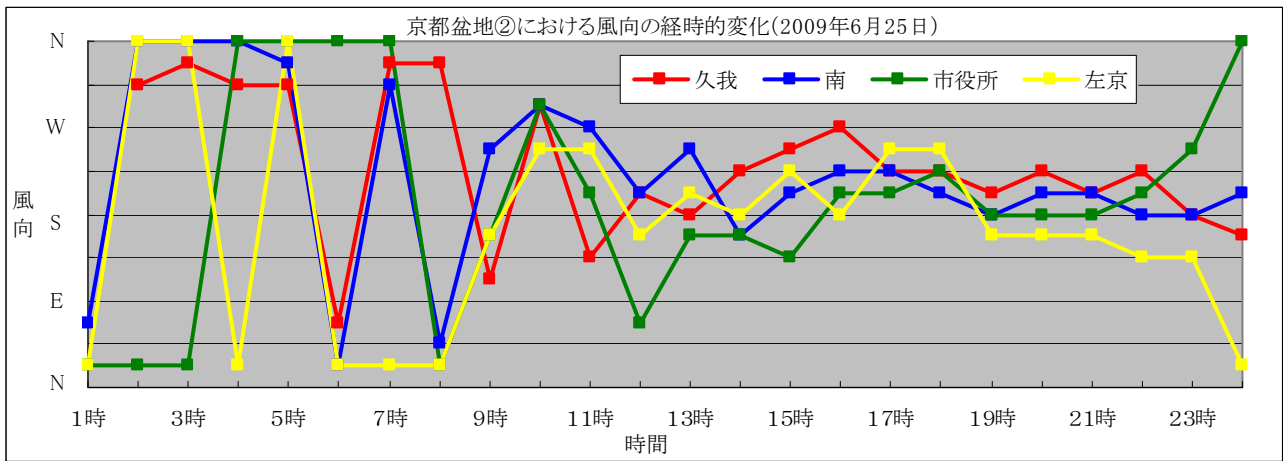


図1 4-2 京都盆地②(久我局-左京局ライン)における風向の経時変化 (2009年6月25日)

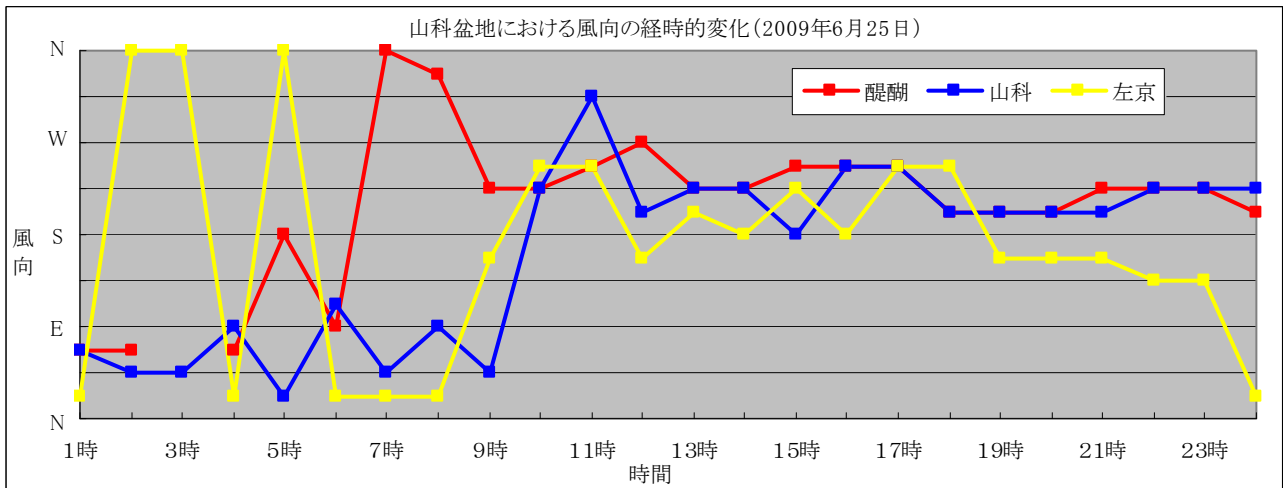


図1 4-3 山科盆地(醍醐局-左京局ライン)における風向の経時変化 (2009年6月25日)